

Benutzerhandbuch



FLIR Exx series

Publ. No.	T559651
Revision	a572
Language	German (DE)
Issue date	November 7, 2011

Benutzerhandbuch





Publ. No. T559651 Rev. a572 – GERMAN (DE) – November 7, 2011

Haftungsausschluss

Für alle von FLIR Systems hergestellten Produkte gilt eine Garantie auf Material- und Produktionsmängel von einem (1) Jahr ab dem Lieferdatum des ursprünglichen Erwerbs, wenn diese Produkte unter normalen Bedingungen und gemäß den Anweisungen von FLIR Systems gelagert, verwendet und betrieben wurden.

Für alle von FLIR Systems hergestellten Infrarotkameras ohne Kühlsystem gilt eine Garantie auf Material- und Produktionsmängel von zwei (2) Jahren ab Lieferdatum des ursprünglichen Erwerbs, wenn diese Produkte unter normalen Bedingungen und gemäß den Anweisungen von FLIR Systems gelagert, verwendet und betrieben wurden und wenn die Kamera innerhalb von 60 Tagen nach dem ursprünglichen Erwerb registriert wurde.

Für alle von FLIR Systems hergestellten Detektoren für Infrarotkameras ohne Kühlsystem gilt eine Garantie auf Material- und Produktionsmängel von zehn (10) Jahren ab Lieferdatum des ursprünglichen Erwerbs, wenn diese Produkte unter normalen Bedingungen und gemäß den Anweisungen von FLIR Systems gelagert, verwendet und betrieben wurden und wenn die Kamera innerhalb von 60 Tagen nach dem ursprünglichen Erwerb registriert wurde.

Für Produkte, die in von FLIR Systems an den Erstkäufer gelieferten Systemen enthalten sind, jedoch nicht von FLIR Systems hergestellt wurden, gelten, falls vorhanden, die Garantiebestimmungen des entsprechenden Zulieferers. FLIR Systems übernimmt für solche Produkte keinerlei Haftung.

Die Garantie gilt ausschließlich gegenüber dem Erstkäufer und ist nicht übertragbar. Die Garantie entfällt, wenn Produkte nicht bestimmungsgemäß verwendet, nicht ordnungsgemäß gewartet, durch höhere Gewalt beschädigt oder unter nicht vorgesehenen Betriebsbedingungen eingesetzt wurden. Verschleißteile sind von der Garantie ausgeschlossen.

Um zusätzliche Schäden zu vermeiden, darf ein Produkt, welches unter diese Garantie fällt, im Falle eines Fehlers nicht weiter genutzt werden. Der Käufer ist verpflichtet, FLIR Systems jeden aufgetretenen Fehler sofort zu melden. Andernfalls verliert diese Garantie ihre Gültigkeit.

FLIR Systems wird nach eigenem Ermessen jedes fehlerhafte Produkt kostenlos reparieren oder ersetzen, falls sich nach einer Untersuchung des Produkts herausstellt, dass ein Material- oder Herstellungsfehler vorliegt, und das Produkt innerhalb der erwähnten Gewährleistungsfrist an FLIR Systems zurückgegeben wurde.

FLIR Systems übernimmt außer den oben vereinbarten Verpflichtungen und Haftungen keine weiteren Verpflichtungen und Haftungen.

Weitere Garantien sind weder ausdrücklich noch stillschweigend vereinbart. Insbesondere lehnt FLIR Systems alle stillschweigenden Garantien der Handelsfähigkeit oder der Eignung für einen bestimmten Zweck ab.

FLIR Systems haftet nicht für unmittelbare, mittelbare, besondere, beiläufig entstandene Schäden oder Folgeschäden und Verluste, unabhängig davon, ob sich diese aus Verträgen, Haftungen aus unerlaubter Handlung oder sonstigen Rechtsgrundlagen ergeben.

Diese Garantie unterliegt schwedischem Recht.

Jegliche Rechtsstreitigkeiten, Klagen oder Forderungen, die sich aus dieser Garantie ergeben oder damit in Verbindung stehen, werden gemäß den Bestimmungen des Schiedsgerichtsinstituts der Handelskammer Stockholm entschieden. Gerichtsstandort ist Stockholm. Das Schiedsverfahren wird in englischer Sprache durchgeführt.

Bestimmungen der US-amerikanischen Regierung

- Für die in dieser Benutzerdokumentation beschriebenen Produkte ist möglicherweise eine Genehmigung der US-amerikanischen Regierung für den Export/Re-Export oder Transfer erforderlich. Weitere Informationen hierzu erhalten Sie bei FLIR Systems.
- Bei einem Versand der Kamera an Kunden außerhalb der USA werden diese Objektive je nach den geltenden Lizenz- und Exportbestimmungen möglicherweise fest montiert geliefert. Austauschbare Objektive unterliegen den gesetzlichen Bestimmungen des Außenministeriums der Vereinigten Staaten (US Department of State).

Urheberrecht

Qualitätssicherung

Das für die Entwicklung und Herstellung dieser Produkte eingesetzte Qualitätsmanagementsystem wurde nach dem Standard ISO 9001 zertifiziert.

FLIR Systems fühlt sich einer ständigen Weiterentwicklung verpflichtet. Aus diesem Grunde behalten wir uns das Recht vor, an allen in diesem Handbuch beschriebenen Produkten ohne vorherige Ankündigung Änderungen und Verbesserungen vorzunehmen.

Patente

Ein oder mehrere der folgenden Patente oder Geschmacksmuster gelten für die in diesem Handbuch beschriebenen Produkte und/oder Funktionen:

0002258-2; 000279476-0001; 000439161; 000499579-0001; 000653423; 000726344; 000859020; 000889290; 001106306-0001; 001707738; 001707746; 001707787; 001776519; 0101577-5; 0102150-0; 0200629-4; 0300911-5; 0302837-0; 1144833; 1182246; 1182620; 1188086; 1285345; 1287138; 1299699; 1325808; 1336775; 1365299; 1402918; 1404291; 1678485; 1732314; 200530018812.0; 200830143636.7; 2106017; 235308; 3006596; 3006597; 466540; 483782; 484155; 518836; 60004227.8; 60122153.2; 602004011681.5-08; 6707044; 68657; 7034300; 7110035; 7154093; 7157705; 7237946; 7312822; 7332716; 7336823; 7544944; 75530; 7667198; 7809258; 7826736; D540838; D549758; D579475; D584755; D599,392; DI6702302-9; DI6703574-4; DI6803572-1; DI6803853-4; DI6903617-9; DM/057692; DM/061609; Registrierungsnummer; ZL00809178.1; ZL01823221.3; ZL01823226.4; ZL02331553.9; ZL02331554.7; ZL200480034894.0; ZL200530120994.2; ZL200630130114.4; ZL200730151141.4; ZL200730339504.7; ZL200830128581.2; ZL200930190061.9

EULA Terms

- You have acquired a device (“INFRARED CAMERA”) that includes software licensed by FLIR Systems AB from Microsoft Licensing, GP or its affiliates (“MS”). Those installed software products of MS origin, as well as associated media, printed materials, and “online” or electronic documentation (“SOFTWARE”) are protected by international intellectual property laws and treaties. The SOFTWARE is licensed, not sold. All rights reserved.
- IF YOU DO NOT AGREE TO THIS END USER LICENSE AGREEMENT (“EULA”), DO NOT USE THE DEVICE OR COPY THE SOFTWARE. INSTEAD, PROMPTLY CONTACT FLIR Systems AB FOR INSTRUCTIONS ON RETURN OF THE UNUSED DEVICE(S) FOR A REFUND. **ANY USE OF THE SOFTWARE, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO USE ON THE DEVICE, WILL CONSTITUTE YOUR AGREEMENT TO THIS EULA (OR RATIFICATION OF ANY PREVIOUS CONSENT).**
- **GRANT OF SOFTWARE LICENSE.** This EULA grants you the following license:
  - You may use the SOFTWARE only on the DEVICE.
  - **NOT FAULT TOLERANT.** THE SOFTWARE IS NOT FAULT TOLERANT. FLIR Systems AB HAS INDEPENDENTLY DETERMINED HOW TO USE THE SOFTWARE IN THE DEVICE, AND MS HAS RELIED UPON FLIR Systems AB TO CONDUCT SUFFICIENT TESTING TO DETERMINE THAT THE SOFTWARE IS SUITABLE FOR SUCH USE.
  - **NO WARRANTIES FOR THE SOFTWARE.** THE SOFTWARE is provided “AS IS” and with all faults. THE ENTIRE RISK AS TO SATISFACTORY QUALITY, PERFORMANCE, ACCURACY, AND EFFORT (INCLUDING LACK OF NEGLIGENCE) IS WITH YOU. ALSO, THERE IS NO WARRANTY AGAINST INTERFERENCE WITH YOUR ENJOYMENT OF THE SOFTWARE OR AGAINST INFRINGEMENT. **IF YOU HAVE RECEIVED ANY WARRANTIES REGARDING THE DEVICE OR THE SOFTWARE, THOSE WARRANTIES DO NOT ORIGINATE FROM, AND ARE NOT BINDING ON, MS.**
  - No Liability for Certain Damages. **EXCEPT AS PROHIBITED BY LAW, MS SHALL HAVE NO LIABILITY FOR ANY INDIRECT, SPECIAL, CONSEQUENTIAL OR INCIDENTAL DAMAGES ARISING FROM OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THE SOFTWARE. THIS LIMITATION SHALL APPLY EVEN IF ANY REMEDY FAILS OF ITS ESSENTIAL PURPOSE. IN NO EVENT SHALL MS BE LIABLE FOR ANY AMOUNT IN EXCESS OF U.S. TWO HUNDRED FIFTY DOLLARS (U.S.$250.00).**
  - **Limitations on Reverse Engineering, Decompilation, and Disassembly.** You may not reverse engineer, decompile, or disassemble the SOFTWARE, except and only to the extent that such activity is expressly permitted by applicable law notwithstanding this limitation.
  - **SOFTWARE TRANSFER ALLOWED BUT WITH RESTRICTIONS.** You may permanently transfer rights under this EULA only as part of a permanent sale or transfer of the Device, and only if the recipient agrees to this EULA. If the SOFTWARE is an upgrade, any transfer must also include all prior versions of the SOFTWARE.
  - **EXPORT RESTRICTIONS.** You acknowledge that SOFTWARE is subject to U.S. export jurisdiction. You agree to comply with all applicable international and national laws that apply to the SOFTWARE, including the U.S. Export Administration Regulations, as well as end-user, end-use and destination restrictions issued by U.S. and other governments. For additional information see http://www.microsoft.com/exporting/.

Inhaltsverzeichnis

1 **Sicherheitshinweise** ... 1

2 **Hinweise für Benutzer** ... 4

3 **Hilfe für Kunden** ... 5

4 **Aktualisierung der Dokumentation** ... 6

5 **Wichtiger Hinweis zu diesem Handbuch** ... 7

6 **Teilelisten** ... 8
- 6.1 Lieferumfang ... 8
- 6.2 Liste des Zubehörs und der Serviceleistungen ... 8

7 **Schnelleinstieg** ... 11

8 **Kamerateile** ... 12
- 8.1 Ansicht von rechts ... 12
- 8.2 Ansicht von links ... 13
- 8.3 LCD und Tastatur. ... 14
- 8.4 Ansicht von unten ... 16
- 8.5 LED-Akkuanzeige ... 17
- 8.6 LED-Netzanzeige ... 18
- 8.7 Laserpointer ... 19

9 **Bildschirmelemente** ... 21

10 **Navigieren im Menüsystem** ... 22

11 **Verbinden externer Geräte und Speichermedien** ... 23

12 **Verbinden von Bluetooth-Geräten** ... 25

13 **Konfigurieren von WLAN** ... 26

14 **Umgang mit der Kamera** ... 28
- 14.1 Einschalten der Kamera ... 28
- 14.2 Ausschalten der Kamera ... 28
- 14.3 Manuelles Scharfstellen der Infrarotkamera ... 29
- 14.4 Bedienung des Laserpointers ... 30

15 **Arbeiten mit Bildern** ... 31
- 15.1 Speichern von Bildern ... 31
- 15.2 Bildvorschau ... 32
- 15.3 Öffnen von Bildern ... 33
- 15.4 Anpassen von Infrarotbildern ... 34
- 15.5 Ändern der Palette ... 37
- 15.6 Löschen von Bildern ... 38
- 15.7 Löschen aller Bilder ... 39
- 15.8 Erstellen von PDF-Berichten mit der Kamera ... 40

16 **Arbeiten mit den Bildmodi Bild-in-Bild und thermische Fusion** ... 41

17 **Arbeiten mit Messwerkzeugen** 45
17.1 Festlegen von Messwerkzeugen: Messpunkte, Bereiche etc. 45
17.2 Festlegen eines Messwerkzeugs: Isothermen 46
17.3 Verschieben oder Größenänderung eines Messwerkzeugs 47
17.4 Erstellen und Konfigurieren von Differenzberechnungen 48
17.5 Ändern von Objektparametern 49

18 **Abrufen von Daten externer Extech-Messgeräte** 51
18.1 Typische Verfahrensweise für Feuchtigkeitsmessung und Dokumentation 53

19 **Arbeiten mit Isothermen** 54
19.1 Isothermen für Gebäude 54

20 **Kommentieren von Bildern** 56
20.1 Aufnehmen von Digitalbildern 57
20.2 Erstellen von Sprachkommentaren 58
20.3 Erstellen von Text 59
20.4 Erstellen einer Tabelle 60

21 **Aufnahme von Videos** 62

22 **Ändern von Einstellungen** 63

23 **Reinigen der Kamera** 64
23.1 Kameragehäuse, Kabel und weitere Teile 64
23.2 Infrarotobjektiv 65
23.3 Infrarotdetektor 66

24 **Technische Daten** 67

25 **Abmessungen** 68
25.1 Kameraabmessungen – Frontansicht (1) 68
25.2 Kameraabmessungen – Frontansicht (2) 69
25.3 Kameraabmessungen – Seitenansicht (1) 70
25.4 Kameraabmessungen – Seitenansicht (2) 71
25.5 Kameraabmessungen – Seitenansicht (3) 72
25.6 Infrarotobjektiv (30 mm/15°) 73
25.7 Infrarotobjektiv (10 mm/45°) 74
25.8 Akku (1) 75
25.9 Akku (2) 76
25.10 Akku (3) 77
25.11 Akkuladegerät (1) 78
25.12 Akkuladegerät (2) 79
25.13 Akkuladegerät (3) 80
25.14 Akkuladegerät (4) 81

26 **Anwendungsbeispiele** 82
26.1 Feuchtigkeit und Wasserschäden 82
26.2 Defekter Steckdosenkontakt 83
26.3 Oxidierte Steckdose 84
26.4 Wärmedämmungsmängel 85
26.5 Luftzug 86

27 **Informationen zu FLIR Systems** 87

27.1 Mehr als nur eine Infrarotkamera 89
27.2 Weitere Informationen 89
27.3 Support für Kunden 89
27.4 Bilder 90

28 Glossar 92

29 Thermografische Messtechniken 96
29.1 Einleitung 96
29.2 Emissionsgrad 96
29.2.1 Ermitteln des Emissionsgrades eines Objekts 97
29.2.1.1 Schritt 1: Bestimmen der reflektierten Strahlungstemperatur 97
29.2.1.2 Schritt 2: Ermitteln des Emissionsgrades 99
29.3 Reflektierte scheinbare Temperatur 100
29.4 Abstand 100
29.5 Relative Luftfeuchtigkeit 100
29.6 Weitere Parameter 100

30 Geschichte der Infrarot-Technologie 101

31 Theorie der Thermografie 106
31.1 Einleitung 106
31.2 Das elektromagnetische Spektrum 106
31.3 Strahlung des schwarzen Körpers 107
31.3.1 Plancksches Gesetz 108
31.3.2 Wiensches Verschiebungsgesetz 110
31.3.3 Stefan-Boltzmann-Gesetz 111
31.3.4 Nicht-schwarze Körper als Strahlungsquellen 112
31.4 Halb-transparente Infrarotmaterialien 115

32 Die Messformel 116

33 Emissionstabellen 122
33.1 Referenzen 122
33.2 Wichtiger Hinweis zu den Emissionsgradtabellen 122
33.3 Tabellen 123

1 Sicherheitshinweise

WARNUNG

- (Gilt nur für digitale Geräte der Klasse A.) Diese Ausrüstung erzeugt und nutzt elektromagnetische Strahlung und kann diese abstrahlen. Bei unsachgemäßer Installation und Verwendung entgegen der Bedienungsanleitung kann sie Funkverbindungen stören. Tests haben ergeben, dass sie den Grenzwerten für Computergeräte der Klasse A gemäß Teil 15, Kapitel J, der FCC-Bestimmungen (Subpart J of Part 15 of FCC Rules) entspricht, die beim Einsatz im kommerziellen Bereich einen angemessenen Schutz gegen diese Interferenzen bieten sollen. Der Betrieb dieser Ausrüstung in Wohngebäuden kann durchaus Interferenzen verursachen; in diesem Fall muss der Benutzer auf eigene Kosten die erforderlichen Maßnahmen zur Behebung der Interferenzen ergreifen.
- (Gilt nur für digitale Geräte der Klasse B.) Tests haben ergeben, dass dieses Gerät die Grenzwerte für digitale Geräte der Klasse B gemäß Teil 15 der FCC-Regeln erfüllt. Diese Grenzwerte wurden festgelegt, um einen angemessenen Schutz gegen störende Interferenzen in Wohngebieten zu erzielen. Dieses Gerät erzeugt und verwendet Funkfrequenzenergie und kann solche ausstrahlen. Wenn das Gerät nicht gemäß den Anweisungen installiert und verwendet wird, kann es zu störenden Interferenzen mit dem Funkverkehr kommen. Es kann jedoch nicht garantiert werden, dass es bei einzelnen Installationen nicht zu Interferenzen kommt. Wenn dieses Gerät störende Interferenzen beim Radio- oder Fernsehempfang verursacht (dies kann durch Aus- und Einschalten des Geräts festgestellt werden), werden folgende Maßnahmen zur Behebung der Interferenzen empfohlen:
  - Empfangsantenne anders ausrichten oder neu positionieren.
  - Abstand zwischen Gerät und Empfänger vergrößern.
  - Gerät an eine Steckdose anschließen, die nicht an denselben Stromkreis wie der Empfänger angeschlossen ist.
  - Händler oder erfahrenen Funk-/Fernsehtechniker hinzuziehen.
- (Gilt nur für digitale Geräte gemäß 15.19/RSS-210.) **HINWEIS**: Dieses Gerät entspricht Teil 15 der FCC-Bestimmungen und RSS-210 der kanadischen Gewerbebehörde (Industry Canada). Für den Betrieb müssen die beiden folgenden Bedingungen erfüllt sein:
  1. Dieses Gerät darf keine störenden Interferenzen verursachen.
  2. Dieses Gerät muss jede empfangene Interferenz zulassen, darunter Interferenzen, die einen unerwünschten Betrieb auslösen könnten.
- (Gilt nur für digitale Geräte gemäß 15.21.) **HINWEIS**: Nicht ausdrücklich von (Name des Herstellers) genehmigte Änderungen oder Anpassungen an diesem Gerät können zur Aufhebung der FCC-Autorisierung zum Betrieb dieses Geräts führen.
- (Gilt nur für digitale Geräte gemäß 2.1091/2.1093/OET Bulletin 65.) **Informationen zur Strahlenbelastung durch Funkfrequenzen**: Die abgegebene Strahlenleistung liegt weit unter den von der FCC festlegten Grenzwerten für Funkfrequenzen. Jedoch sollte bei normalem Betrieb des Geräts der menschliche Kontakt so gering wie möglich gehalten werden.
- (Gilt nur für Kameras mit Laserpointer.) Schauen Sie nicht direkt in den Laserstrahl. Der Laserstrahl kann die Augen reizen.
- Gilt nur für Kameras mit Akku:

  - Bauen Sie den Akku niemals auseinander und manipulieren Sie ihn nicht. Der Akku verfügt über Sicherheits- und Schutzmechanismen. Wenn diese beschädigt werden, kann sich der Akku erhitzen, entzünden oder explodieren.
  - Sollten Sie Batterieflüssigkeit in die Augen bekommen, reiben Sie Ihre Augen auf keinen Fall. Spülen Sie sie mit reichlich Wasser aus, und suchen Sie umgehend einen Arzt auf. Ergreifen Sie diese Maßnahmen nicht, kann die Batterieflüssigkeit Ihre Augen ernsthaft verletzen.
  - Wenn der Akku sich nicht innerhalb der angegebenen Zeit auflädt, setzen Sie den Ladevorgang nicht fort. Laden Sie den Akku länger als angegeben, kann dieser heiß werden und explodieren oder sich entzünden.
  - Verwenden Sie zum Entladen des Akkus nur die dafür vorgesehene Ausrüstung. Wenn Sie nicht die dafür vorgesehene Ausrüstung verwenden, kann sich dies negativ auf die Leistung oder die Lebensdauer des Akkus auswirken. Wenn Sie nicht die richtige Ausrüstung verwenden, erhält der Akku möglicherweise eine falsche Spannung. Dadurch kann sich der Akku erhitzen oder gar explodieren und Personen verletzen.
- Lesen Sie unbedingt alle entsprechenden MSDS (Material Safety Data Sheets, Sicherheitsdatenblätter) und Warnhinweise auf den Behältern durch, bevor Sie eine Flüssigkeit verwenden: Flüssigkeiten können gefährlich sein.

VORSICHT

- Richten Sie die Infrarotkamera (mit oder ohne Objektivkappe) niemals auf intensive Strahlungsquellen wie beispielsweise Geräte, die Laserstrahlen abgeben. Richten Sie sie auch nicht auf die Sonne. Dies könnte unerwünschte Auswirkungen auf die Genauigkeit der Kamera haben. Der Detektor in der Kamera könnte sogar beschädigt werden.
- Verwenden Sie die Kamera nicht bei Temperaturen über +50 °C, sofern in der Benutzerdokumentation nicht anders angegeben. Hohe Temperaturen können die Kamera beschädigen.
- (Gilt nur für Kameras mit Laserpointer.) Bedecken Sie den Laserpointer mit der Schutzkappe, wenn Sie ihn nicht verwenden.
- Gilt nur für Kameras mit Akku:
  - Schließen Sie die Akkus niemals direkt an einen PKW-Zigarettenanzünder an, es sei denn, es wurde von FLIR Systems ein spezieller Adapter zum Anschließen der Akkus an den Zigarettenanzünder bereitgestellt.
  - Überbrücken Sie den Plus- und Minus-Pol eines Akkus niemals mit einem metallischen Gegenstand wie einem Draht.
  - Setzen Sie den Akku niemals Wasser oder Salzwasser aus, und lassen Sie ihn nicht nass werden.
  - Beschädigen Sie den Akku niemals mit spitzen Gegenständen. Schlagen Sie niemals mit dem Hammer auf den Akku. Treten Sie niemals auf den Akku oder setzen ihn starken Schlägen oder Stößen aus.
  - Setzen Sie die Akkus niemals offenem Feuer oder direkter Sonneneinstrahlung aus. Wenn sich der Akku erhitzt, wird der eingebaute Sicherheitsmechanismus aktiviert, der ein weiteres Aufladen des Akkus verhindert. Wenn der Akku heiß wird, kann der Sicherheitsmechanismus beschädigt werden und zur weiteren Erhitzung, Beschädigung oder Entzündung des Akkus führen.
  - Setzen Sie den Akku unter keinen Umständen Feuer oder großer Hitze aus.
  - Halten Sie den Akku von offenem Feuer, Herdplatten oder anderen Stellen fern, an denen hohe Temperaturen herrschen.
  - Versuchen Sie niemals am Akku etwas zu löten.

  - Ziehen Sie den Akku aus dem Verkehr, wenn dieser während des Betriebs, Ladens oder Aufbewahrens einen ungewöhnlichen Geruch verströmt, sich heiß anfühlt, sich in Farbe oder Form verändert oder sonstige Anormalitäten aufweist. Wenn eines dieser Symptome auftritt, setzen Sie sich mit Ihrer Vertriebsstelle in Verbindung.
  - Verwenden Sie zum Laden des Akkus nur empfohlene Ladegeräte.
  - Der Akku muss bei Temperaturen zwischen ±0 °C und +45 °C geladen werden, wenn dies nicht anders in der Benutzerdokumentation angegeben ist. Wenn der Akku bei Temperaturen außerhalb dieses Bereichs geladen wird, kann der Akku heiß werden oder aufbrechen. Außerdem kann dadurch die Leistung und Lebensdauer des Akkus beeinträchtigt werden.
  - Das Entladen des Akkus muss bei Temperaturen zwischen −15 °C und +50 °C erfolgen, sofern nicht anderweitig in der Benutzerdokumentation angegeben. Der Einsatz des Akkus bei Temperaturen außerhalb des angegebenen Bereichs kann die Leistung und Lebensdauer des Akkus beeinträchtigen.
  - Wenn der Akku defekt ist, isolieren Sie die Pole vor der Entsorgung mit Klebeband oder etwas Ähnlichem.
  - Sollte der Akku Feuchtigkeit aufweisen, entfernen Sie diese vor dem Einsetzen.
- Verwenden Sie niemals Verdünnungsmittel oder ähnliche Flüssigkeiten für Kamera, Kabel oder Zubehör. Dies könnte zu Beschädigungen führen.
- Gehen Sie bei der Reinigung des Infrarotobjektivs behutsam vor. Das Objektiv ist mittels einer Beschichtung entspiegelt, die sehr empfindlich ist.
- Reinigen Sie das Infrarotobjektiv sehr vorsichtig, da andernfalls die Entspiegelung Schaden nehmen könnte.
- Bei Anwendungen in der Nähe von Öfen oder in anderen Hochtemperaturumgebungen müssen Sie einen Hitzeschild an der Kamera befestigen. Die Verwendung der Kamera in der Nähe von Öfen oder in anderen Hochtemperaturumgebungen ohne einen Hitzeschild kann die Kamera beschädigen.
- (Diese Art der Reinigung funktioniert nur bei Kameras mit deaktivierbarem automatischem Shutter.) Deaktivieren Sie den automatischen Shutter Ihrer Kamera höchstens für 30 Minuten. Eine längere Deaktivierung kann den Detektor beschädigen oder völlig unbrauchbar machen.
- Die Gehäuseschutzklassifizierung ist nur gültig, wenn alle Öffnungen Ihrer Kamera mit den entsprechenden Abdeckungen, Klappen oder Kappen verschlossen sind. Dies gilt auch, aber nicht ausschließlich, für die Fächer der Speichermedien, Akkus und Anschlüsse.

2 Hinweise für Benutzer

Typografische Konventionen

In diesem Handbuch gelten die folgenden typografischen Konventionen:

- **Halbfett** wird für Menünamen, Menübefehle sowie Elemente und Schaltflächen in Dialogfeldern verwendet.
- *Kursiv* wird für wichtige Informationen verwendet.
- `Monospace` wird für Codebeispiele verwendet.
- GROSSBUCHSTABEN werden für Tastenbezeichnungen verwendet.

Benutzerforen

In unseren Benutzerforen können Sie sich mit anderen Thermografen auf der ganzen Welt über Ideen, Probleme und Infrarotlösungen austauschen. Die Foren finden Sie hier:

http://www.infraredtraining.com/community/boards/

Kalibrierung

(Diese Anmerkung gilt nur für Kameras mit Messfunktionen.)

Wir empfehlen, die Kamera einmal pro Jahr zur Kalibrierung einzusenden. Wenden Sie sich an Ihre Vertriebsstelle, um entsprechende Informationen zu erhalten.

Genauigkeit

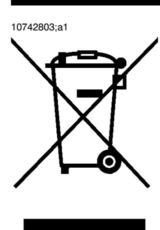
(Diese Anmerkung gilt nur für Kameras mit Messfunktionen.)

Um sehr genaue Ergebnisse zu erzielen, sollten Sie erst 5 Minuten nach dem Einschalten der Kamera eine Temperaturmessung vornehmen.

Im Falle von Kameras, bei denen der Detektor mechanisch gekühlt wird, umfasst dieser Zeitraum nicht die Zeit, in der der Detektor heruntergekühlt wird.

Enstorgung elektronischer Geräte

10742803;a1



Dieses Gerät muss wie die meisten anderen elektronischen Geräte auf umweltfreundliche Weise und gemäß den geltenden Bestimmungen für elektronische Geräte entsorgt werden.

Weitere Informationen erhalten Sie bei Ihrem FLIR Systems-Ansprechpartner.

Schulung

Informationen zu Schulungen im Bereich Infrarottechnik finden Sie hier:

- http://www.infraredtraining.com
- http://www.irtraining.com
- http://www.irtraining.eu

3 Hilfe für Kunden

Allgemein

Die Kundenhilfe finden Sie hier:

http://support.flir.com

Fragen stellen

Um eine Frage an das Team der Kundenhilfe stellen zu können, müssen Sie sich als Benutzer registrieren. Die Online-Registrierung nimmt nur wenige Minuten in Anspruch. Sie müssen kein registrierter Benutzer sein, um in der Informationsdatenbank nach vorhandenen Fragen und Antworten suchen zu können.

Wenn Sie eine Frage stellen möchten, sollten Sie folgende Informationen zur Hand haben:

- Kameramodell
- Seriennummer der Kamera
- Kommunikationsmodell oder -methode zwischen Kamera und PC (z. B. HDMI Ethernet, USB™ oder FireWire™)
- Betriebssystem Ihres Computers
- Version von Microsoft® Office
- Vollständiger Name, Veröffentlichungs- und Revisionsnummer des Handbuchs

Downloads

Darüber hinaus sind auf der Website der Kundenhilfe folgende Downloads verfügbar:

- Firmware-Updates für Ihre Infrarotkamera
- Programm-Updates für Ihre PC-Software
- Benutzerdokumentation
- Anwendungsberichte
- Technische Veröffentlichungen

4 Aktualisierung der Dokumentation

Allgemein

Unsere Handbücher werden mehrmals jährlich aktualisiert. Zudem veröffentlichen wir regelmäßig auch wichtige Änderungsmitteilungen zu Produkten.

Die neuesten Handbücher und Mitteilungen finden Sie auf der Registerkarte Download unter:

http://support.flir.com

Die Online-Registrierung dauert nur wenige Minuten. Im Download-Bereich finden Sie auch die neuesten Versionen von Handbüchern unserer anderen Produkte sowie Handbücher für historische und ausgelaufene Modelle.

5 Wichtiger Hinweis zu diesem Handbuch

Allgemein

FLIR Systems veröffentlicht generische Handbücher, die sich auf mehrere Kameras einer Modellreihe beziehen.

Das bedeutet, dass dieses Handbuch Beschreibungen und Erläuterungen enthalten kann, die möglicherweise nicht auf Ihr Kameramodell zutreffen.

HINWEIS

FLIR Systems behält sich das Recht vor, die Herstellung von Modellen, Software, Teilen, Zubehör und anderen Artikeln ohne vorherige Ankündigung einzustellen und/oder deren Funktionen zu ändern.

6 Teilelisten

6.1 Lieferumfang

- Infrarotkamera mit Objektiv
- Hartschalenkoffer
- Akku (2*)
- Akkuladegerät*
- Bluetooth-Headset*
- Kalibrierungsnachweis
- Download-Broschüre
- CD-ROM mit PC-Software FLIR Tools
- Trageschlaufe
- Objektivkappe
- Speicherkarte
- Netzteil mit Mehrfachsteckern
- Druckversion des Handbuchs "Erste Schritte"
- Druckversion des Handbuchs "Wichtige Informationen"
- Service- und Schulungshandbuch
- USB-Kabel
- Benutzerdokumentation auf CD-ROM
- Videokabel
- Karte für Garantieverlängerung oder Registrierung

* Abhängig von Kameramodell/Kundenwunsch.

HINWEIS: FLIR Systems behält sich das Recht vor, die Herstellung von Modellen, Teilen, Zubehör und anderen Artikeln ohne vorherige Ankündigung einzustellen oder deren Spezifikationen zu ändern.

6.2 Liste des Zubehörs und der Serviceleistungen

- 1196497 Adaptersatz für Zigarettenanzünder, 12 VDC, 1,2 m
- 1196960 IR-Objektiv f = 10 mm, 45° mit Hülle
- 1196961 IR-Objektiv f = 30 mm, 15° mit Hülle
- 1910423 USB-Kabel Std. A <-> Mini B
- 1910582 Videokabel
- APP-10000 FLIR Viewer (iPad/iPhone-App.)
- DSW-10000 FLIR IR Camera Player
- ITC-ADV-3011 ITC Gebäudetechnik für Fortgeschrittene – 1 Teilnehmer
- ITC-ADV-3019 ITC Gebäudetechnik für Fortgeschrittene – Gruppe mit 10 Teilnehmern
- ITC-ADV-3021 ITC Allgemeines für Fortgeschrittene, Thermografie – 1 Teilnehmer
- ITC-ADV-3029 ITC Allgemeines für Fortgeschrittene, Thermografie – 10 Teilnehmer

- ITC-CER-5101 ITC Thermografiekurs Stufe 1 – 1 Teilnehmer
- ITC-CER-5105 ITC Thermografiekurs Stufe 1 – 1 weiterer Teilnehmer bei Vor-Ort-Schulung
- ITC-CER-5109 ITC Thermografiekurs Stufe 1 – Gruppe mit 10 Teilnehmern
- ITC-CER-5201 ITC Thermografiekurs Stufe 2 – 1 Teilnehmer
- ITC-CER-5205 ITC Thermografiekurs Stufe 2 – 1 weiterer Teilnehmer bei Vor-Ort-Schulung
- ITC-CER-5209 ITC Thermografiekurs Stufe 2 – Gruppe mit 10 Teilnehmern
- ITC-EXP-1001 ITC Schulung 1 Tag – 1 Teilnehmer
- ITC-EXP-1009 ITC Schulung 1 Tag – Gruppe mit 10 Teilnehmern
- ITC-EXP-1011 ITC Kompaktkurs Einführung in die Thermografie – 1 Teilnehmer (1 Tag)
- ITC-EXP-1019 ITC Kompaktkurs Einführung in die Thermografie – 10 Teilnehmer (1 Tag)
- ITC-EXP-1021 ITC Vor-Ort-Schulung 1 Tag – 1 weiterer Teilnehmer (pro Tag)
- ITC-EXP-1029 ITC Vor-Ort-Schulung – Gruppe mit bis zu 10 Personen (pro Tag)
- ITC-EXP-2001 ITC Schulung 2 Tage – 1 Teilnehmer
- ITC-EXP-2009 ITC Schulung 2 Tage – Gruppe mit bis zu 10 Teilnehmern
- ITC-EXP-2011 ITC Kompaktkurs Bauthermografie – 1 Teilnehmer (2 Tage)
- ITC-EXP-2019 ITC Kompaktkurs Bauthermografie – 10 Teilnehmer (2 Tage)
- ITC-EXP-2061 ITC Kompaktkurs Thermografie für Heizung, Lüftung, Klimatisierung und Rohrleitungen – 1 Teilnehmer (2 Tage)
- ITC-EXP-2069 ITC Kompaktkurs Thermografie für Heizung, Lüftung, Klimatisierung und Rohrleitungen – 10 Teilnehmer (2 Tage)
- ITC-EXP-3001 ITC Schulung 3 Tage – 1 Teilnehmer
- ITC-EXP-3009 ITC Schulung 3 Tage – Gruppe mit bis zu 10 Teilnehmern
- ITC-SOW-0001 ITC Software-Schulung – 1 Teilnehmer (pro Tag)
- ITC-SOW-0009 ITC Software-Schulung – Gruppe mit bis zu 10 Teilnehmern (pro Tag)
- T127100 Sonnenblende
- T197717 FLIR Reporter 8.5 SP3 Professional
- T197717L10 FLIR Reporter 8.5 SP3 Professional mit 10 Lizenzen
- T197717L5 FLIR Reporter 8.5 SP3 Professional mit 5 Lizenzen
- T197752 Akku
- T197771 Bluetooth-Headset
- T197778 FLIR BuildIR 2.1
- T197778L10 FLIR BuildIR 2.1 mit 10 Lizenzen
- T197778L5 FLIR BuildIR 2.1 mit 5 Lizenzen
- T197926 Stativadapter
- T197935 Transportkoffer für Exx-Serie
- T197965 FLIR Tools
- T198125 Akkuladegerät, Netzteil mit Mehrfachsteckern für Exx-Serie

- T199837 Ein Jahr Garantieverlängerung für Exx-Serie
- T199839 Allgemeine Wartung für Exx-Serie
- T910737 Micro-SD-Speicherkarte mit Adaptern
- T910814 Netzteil mit Mehrfachsteckern
- T910972 EX845: Stromzange + IR-Thermometer TRMS 1000 A AC/DC
- T910973 MO297: Feuchtemesser ohne Messspitzen, mit Speicher

HINWEIS: FLIR Systems behält sich das Recht vor, die Herstellung von Modellen, Teilen, Zubehör und anderen Artikeln ohne vorherige Ankündigung einzustellen oder deren Spezifikationen zu ändern.

7 Schnelleinstieg

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor, um die Kamera umgehend in Betrieb zu nehmen:

1	Setzen Sie einen Akku in das Akkufach ein.
2	Laden Sie vor dem erstmaligen Starten der Kamera den Akku 4 Stunden lang auf oder bis die LED-Akkuanzeige kontinuierlich grün leuchtet.
3	Legen Sie eine Speicherkarte in einen Kartensteckplatz ein.
4	Drücken Sie die ⏻-Taste, um die Kamera einzuschalten.
5	Richten Sie die Kamera auf das gewünschte Objekt.
6	Stellen Sie den Fokus der Kamera durch Drehen des Fokusrings ein.
7	Drücken Sie die Trigger-Taste ganz herunter, um ein Bild direkt zu speichern.
8	Um ein Bild auf einen Computer zu übertragen, führen Sie eine der folgenden Aktionen durch: ■ Entnehmen Sie die Speicherkarte, und legen Sie sie in ein Kartenlesegerät ein, das an einen Computer angeschlossen ist. ■ Verbinden Sie die Kamera mit Hilfe eines USB-Mini-B-Kabels mit einem Computer.
9	Verschieben Sie das Bild per Drag und Drop von der Karte oder Kamera.

HINWEIS

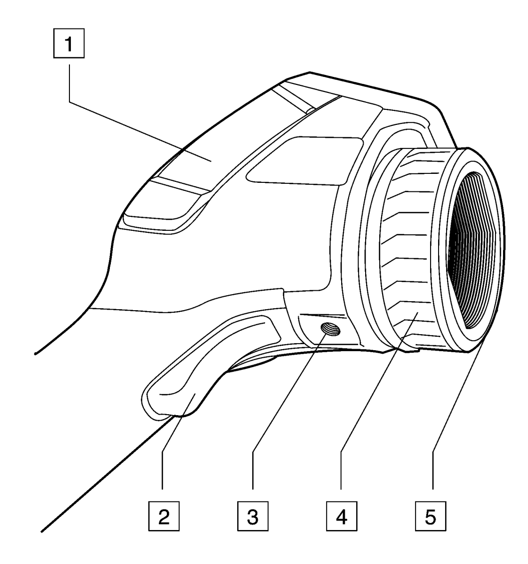
Sie können die Bilder auch mit der im Lieferumfang der Kamera enthaltenen Software FLIR Tools auf den Computer übertragen. In FLIR Tools können Sie die Bilder analysieren und PDF-Berichte erstellen.

8 Kamerateile

8.1 Ansicht von rechts

Abbildung

T638786;a1



Erläuterung

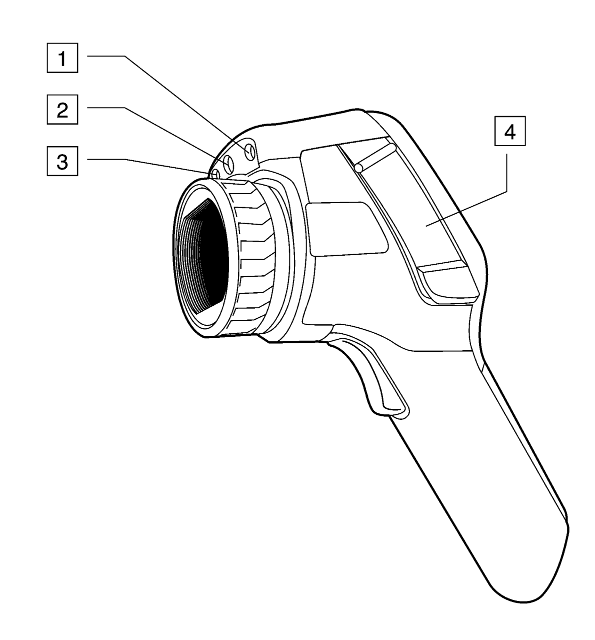
Die folgende Tabelle enthält Informationen zur oben stehenden Abbildung:

1	Abdeckung für rechtes Anschlussfach: ■ USB-A. ■ USB-Mini-B. ■ Stromversorgung. **Hinweis:** Die Abdeckung ist in zwei Ausführungen erhältlich, nämlich aus Hartkunststoff sowie aus Weichgummi. In dieser und allen folgenden Abbildungen in der Anleitung wird das Modell aus hartem Kunststoff gezeigt.
2	Trigger-Taste für Vorschau/Speichern von Bildern.
3	Stativbefestigung – Adapter erforderlich (Sonderzubehör).
4	Fokusring.
5	Infrarotobjektiv

8.2 Ansicht von links

Abbildung

T638790;a1



Erläuterung

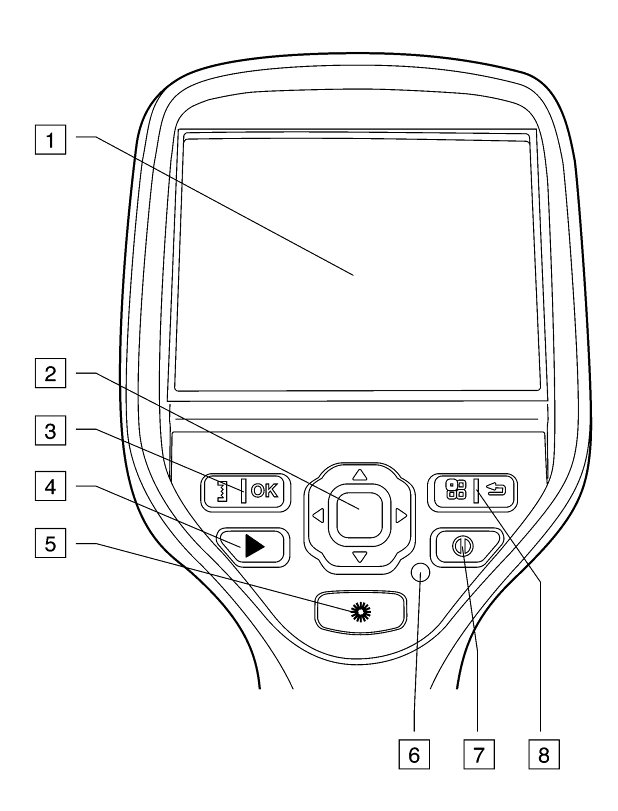
Die folgende Tabelle enthält Informationen zur oben stehenden Abbildung:

1	Laserpointer
2	Lampe der Digitalkamera.
3	Digitalkamera
4	Abdeckung für Anschlüsse und Speichermedien: ▪ Speicherkarte. ▪ Videoausgang.

8.3 LCD und Tastatur.

Abbildung

T638787;a2



Erläuterung

Die folgende Tabelle enthält Informationen zur oben stehenden Abbildung:

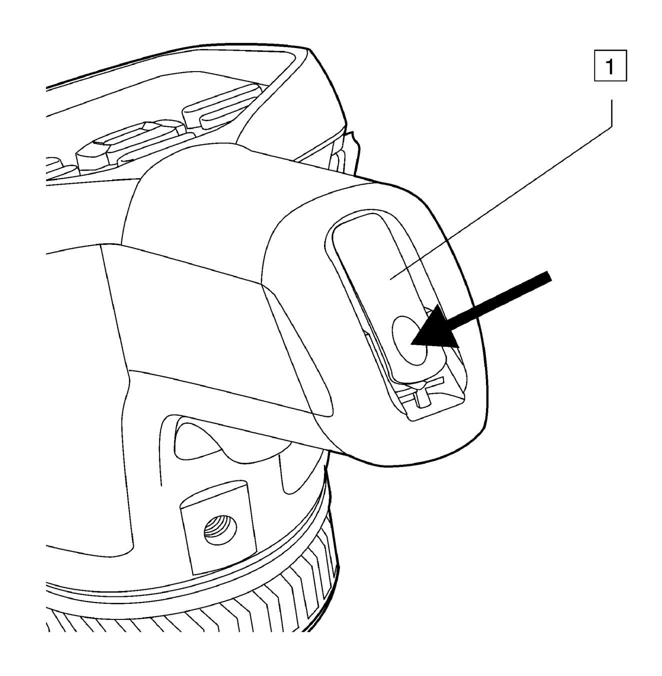
1	LCD-Display mit Touchscreen.
2	Navigationstaste
3	■ Taste zur Auswahlbestätigung. ■ Taste, um zwischen den Modi für automatische und manuelle Anpassung zu wechseln.
4	Bildarchiv-Taste.
5	Taste zum Einschalten des Laserpointers.
6	Netzanzeige
7	Ein/Aus-Taste

8	■ Taste zum Anzeigen des Menüsystems. ■ Zurück-Taste.

8.4 Ansicht von unten

Abbildung

T638785;a3



Erläuterung

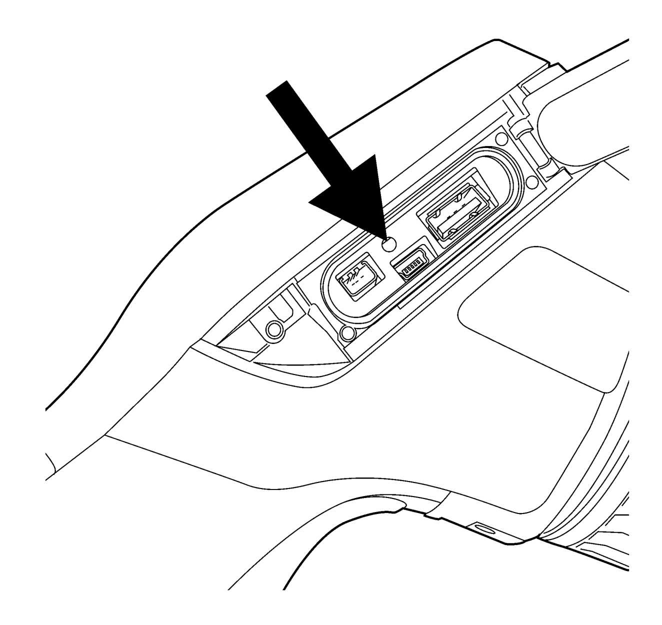
Die folgende Tabelle enthält Informationen zur oben stehenden Abbildung:

1	Verriegelung der Akkufach-Abdeckung. Zum Öffnen drücken.

8.5 LED-Akkuanzeige

Abbildung

T638791;a1



Erläuterung

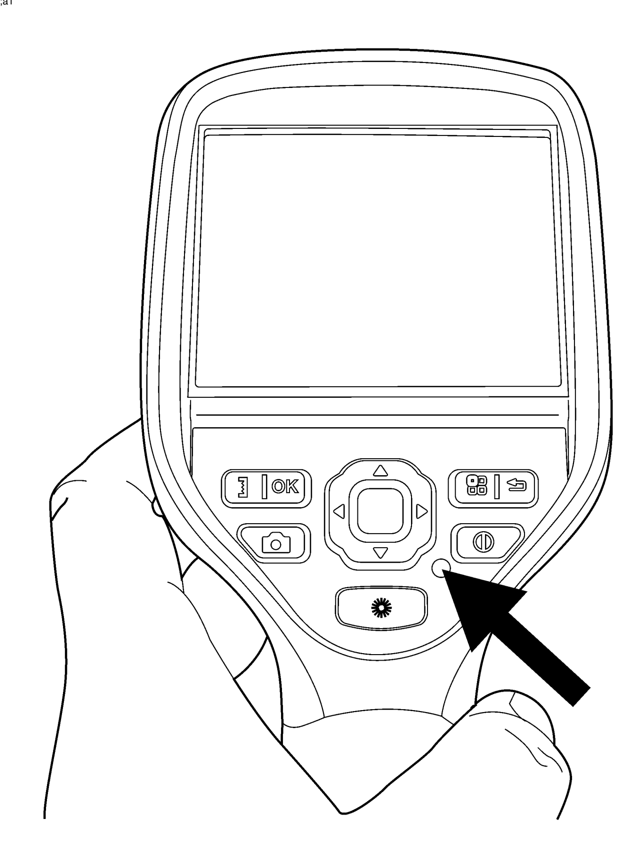
Die folgende Tabelle erläutert die LED-Akkuanzeige:

Signaltyp	Erläuterung
Die grüne LED blinkt zwei Mal pro Sekunde.	Der Akku wird gerade geladen.
Die grüne LED leuchtet durchgängig.	Der Akku ist vollständig aufgeladen.

8.6 LED-Netzanzeige

Abbildung

T638781;a1



Erläuterung

Die folgende Tabelle erläutert die LED-Netzanzeige:

Signaltyp	Erläuterung
Die LED leuchtet nicht.	Die Kamera ist ausgeschaltet.
Die LED leuchtet blau.	Die Kamera ist eingeschaltet.

8.7 Laserpointer

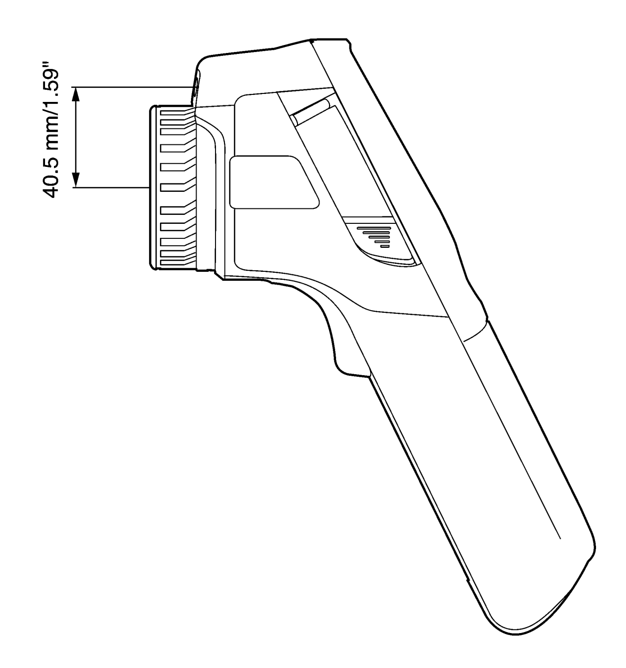
Allgemein

Die Kamera verfügt über einen Laserpointer. Wenn der Laserpointer eingeschaltet ist, sehen Sie auf dem Zielobjekt einen Laserpunkt.

Abbildung

Die folgende Abbildung zeigt den Abstand zwischen dem Laserpointer und der optischen Mitte des Infrarotobjektivs:

T638771;a1



WARNUNG

Schauen Sie nicht direkt in den Laserstrahl. Der Laserstrahl kann die Augen reizen.

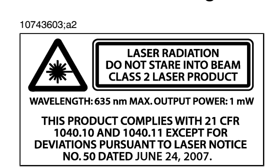
HINWEIS

- Das Symbol wird auf dem Bildschirm angezeigt, wenn der Laserpointer eingeschaltet ist.
- Der Laserpointer ist möglicherweise nicht für alle Märkte verfügbar.

Laserwarnhinweis

An der Kamera ist folgender Laserwarnhinweis angebracht:

10743603;a2



Bestimmungen bezüglich des Lasers

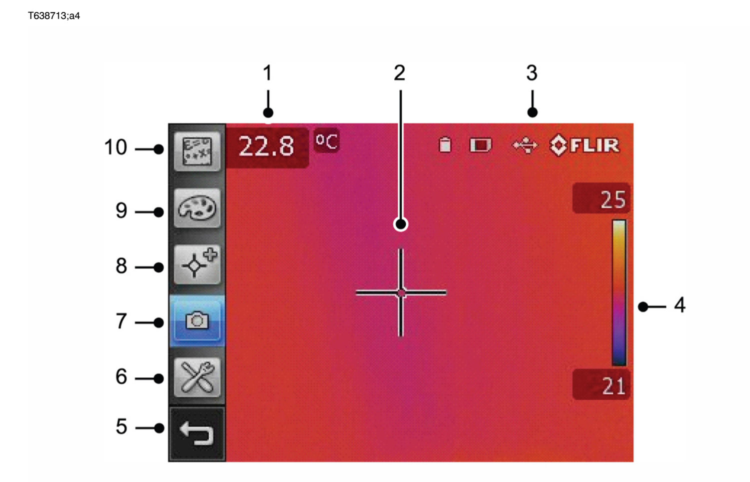
Wellenlänge: 635 nm. Maximale Ausgangsleistung: 1 mW.

Dieses Produkt entspricht 21 CFR 1040.10 und 1040.11 mit Ausnahme von Abweichungen gemäß Laser Notice No. 50 vom 24. Juni 2007.

9 Bildschirmelemente

Abbildung

T638713;a4



Erläuterung

Die folgende Tabelle enthält Informationen zur oben stehenden Abbildung:

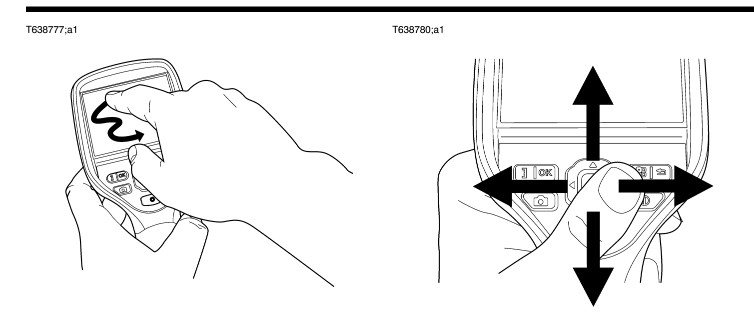
1	Tabelle mit Messergebnissen.
2	Messwerkzeuge (z. B. Messpunkt).
3	Symbole für Status und Modus.
4	Temperaturskala
5	Zurück-Taste.
6	Setup-Modus (Kamera, Video, Einstellungen)
7	Modus (Infrarotkamera, Digitalkamera, thermische Fusion, Bild-in-Bild).
8	Messwerkzeuge.
9	Farbpaletten.
10	Messparameter.

Abbildung

Tippen Sie zur Anzeige des Menüsystems leicht auf den Bildschirm.

10 Navigieren im Menüsystem

Abbildung



Erläuterung

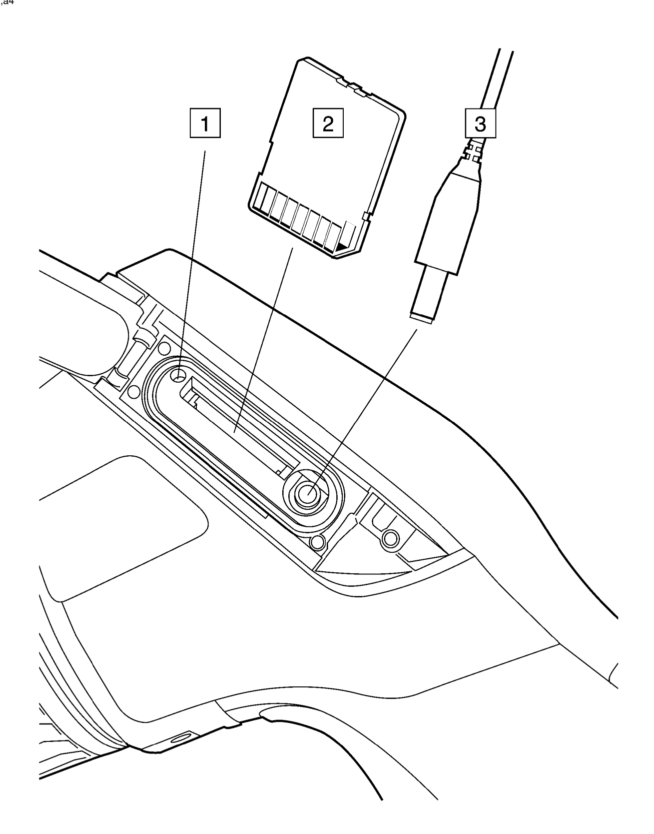
In obiger Abbildung sehen Sie zwei Möglichkeiten, wie Sie durch das Menüsystem der Kamera navigieren können:

- Verwenden des Zeigefingers zum Navigieren durch das Menüsystem (links)
- Verwenden der Navigationstaste zum Navigieren durch das Menüsystem (rechts)

11 Verbinden externer Geräte und Speichermedien

Abbildung

T638789;a4



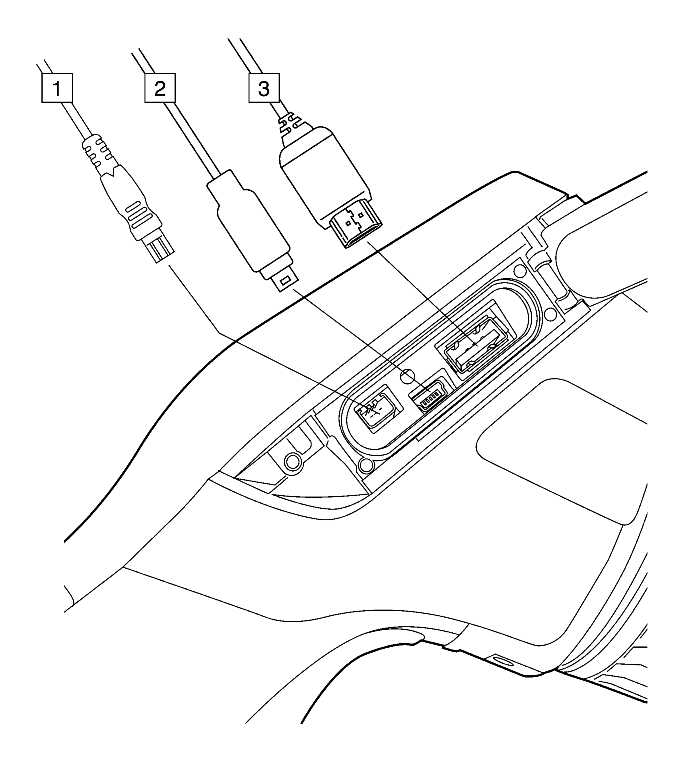
Erläuterung

Die folgende Tabelle enthält Informationen zur oben stehenden Abbildung:

1	Anzeige für Zugriff auf die Speicherkarte. **Hinweis**: Entnehmen Sie die Speicherkarte nicht, wenn diese Anzeige leuchtet.
2	Speicherkarte (SD-Karte).
3	Videokabel.

Abbildung

T638788;a1



Erläuterung

Die folgende Tabelle enthält Informationen zur oben stehenden Abbildung:

1	Stromversorgungskabel.
2	USB-Mini-B-Kabel (zum Verbinden der Kamera mit einem Computer).
3	USB-A-Kabel (zum Verbinden der Kamera mit einem externen Gerät, z. B. einem USB-Memory-Stick),

12 Verbinden von Bluetooth-Geräten

Allgemein

Bevor Sie ein Bluetooth-Gerät zusammen mit Ihrer Kamera verwenden können, müssen Sie die Geräte miteinander verbinden.

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Wechseln Sie zu (**Modus**), und wählen Sie **Einstellungen** aus.
2	Wechseln Sie zur Registerkarte **Verbindungen**.
3	Aktivieren Sie **Bluetooth**. **Hinweis**: Sie müssen auch die Bluetooth-Verbindung des externen Geräts aktivieren.
4	Wählen Sie **Bluetooth-Gerät hinzufügen**.
5	Wählen Sie **Nach Bluetooth-Geräten suchen** aus, und warten Sie, bis eine Liste der verfügbaren Geräte angezeigt wird. Dies dauert etwa 15 Sekunden.
6	Wenn ein Bluetooth-Gerät gefunden wird, wählen Sie dieses Gerät aus, um es hinzuzufügen. Das Gerät kann jetzt verwendet werden.

HINWEIS

- Es können mehrere Geräte hinzugefügt werden.
- Ein hinzugefügtes Gerät kann entfernt werden, indem Sie erst das Gerät und dann **Entfernen** auswählen.
- Wenn ein MeterLink-Gerät hinzugefügt wurde, wie beispielsweise das Extech MO297 oder das EX845, wird das Messergebnis in der Tabelle mit den Messergebnissen angezeigt.
- Wenn ein Headset mit aktiviertem Bluetooth hinzugefügt wurde, kann es im Modus "Kameravorschau" verwendet werden.
- Im Vorschaumodus können auch Werte für Live-Schnappschüsse von MeterLink-Geräten hinzugefügt werden.

13 Konfigurieren von WLAN

Allgemein

Abhängig von der Kamerakonfiguration können Sie die Kamera mit einem WLAN verbinden oder mit der Kamera einen WLAN-Zugriff auf ein anderes Gerät herstellen.

Eine Verbindung der Kamera kann auf zwei verschiedene Arten erfolgen:

- *Häufig genutzte Verbindungsart*: Durch Einrichten einer Peer-to-Peer-Verbindung (auch *Ad-hoc*- oder *P2P*-Verbindung genannt). Dieses Verfahren wird hauptsächlich bei einer Verbindung zu anderen Geräten wie einem iPhone oder einem iPad verwendet.
- *Weniger häufig genutzte Verbindungsart:* Verbindung der Kamera über WLAN.

Einrichten einer Peer-to-Peer-Verbindung (*häufig genutzte Verbindungsart*)

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Wechseln Sie zu (**Modus**), und wählen Sie **Einstellungen** aus.
2	Wechseln Sie zur Registerkarte **Verbindungen**.
3	Wählen Sie unter **WLAN** die Option **Gerät verbinden** aus.
4	Wählen Sie die Option **WLAN-Einstellungen** aus.
5	Geben Sie Werte für folgende Parameter ein: ■ **SSID** (der Name des Netzwerks). ■ **Kanal** (der Kanal, auf dem das andere Gerät überträgt). ■ **Verschlüsselung** (der Verschlüsselungsalgorithmus, z. B. Kein oder WEP). ■ **Schlüssel** (der Zugangsschlüssel für das Netzwerk). ■ **Adresse** (die IP-Adresse des Netzwerks). ■ **Gateway** (die Gateway-IP-Adresse des Netzwerks). **Hinweis:** Diese Parameter werden für das Netzwerk der Kamera festgelegt. Sie werden von dem externen Geräte verwendet, um das Gerät mit dem Netzwerk zu verbinden.
6	Drücken Sie zur Bestätigung der Auswahl OK.

Verbinden der Kamera mit einem WLAN (*weniger häufig genutzte Verbindungsart*)

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Wechseln Sie zu (**Modus**), und wählen Sie **Einstellungen** aus.
2	Wechseln Sie zur Registerkarte **Verbindungen**.
3	Wählen Sie unter **WLAN** die Option **Mit WLAN verbinden** aus.
4	Wählen Sie die Option **WLAN-Einstellungen** aus.

5	Wählen Sie eines der verfügbaren Netzwerk aus. Kennwortgeschützte Netzwerke werden mit einem Schlosssymbol gekennzeichnet. Für diese ist ein Zugriffsschlüssel erforderlich.
6	Drücken Sie zur Bestätigung der Auswahl OK.

HINWEIS

Manche Netzwerke bleiben absichtlich verborgen. Um eine Verbindung mit solch einem Netzwerk herzustellen, wählen Sie **Manuell hinzufügen** aus, und legen Sie alle Parameter für das Netzwerk manuell fest.

14 Umgang mit der Kamera

14.1 *Einschalten der Kamera*

Vorgehensweise

Um die Kamera einzuschalten, drücken Sie die ⏻-Taste.

14.2 *Ausschalten der Kamera*

Vorgehensweise

Um die Kamera auszuschalten, halten Sie die ⏻-Taste länger als 0,2 Sekunden gedrückt.

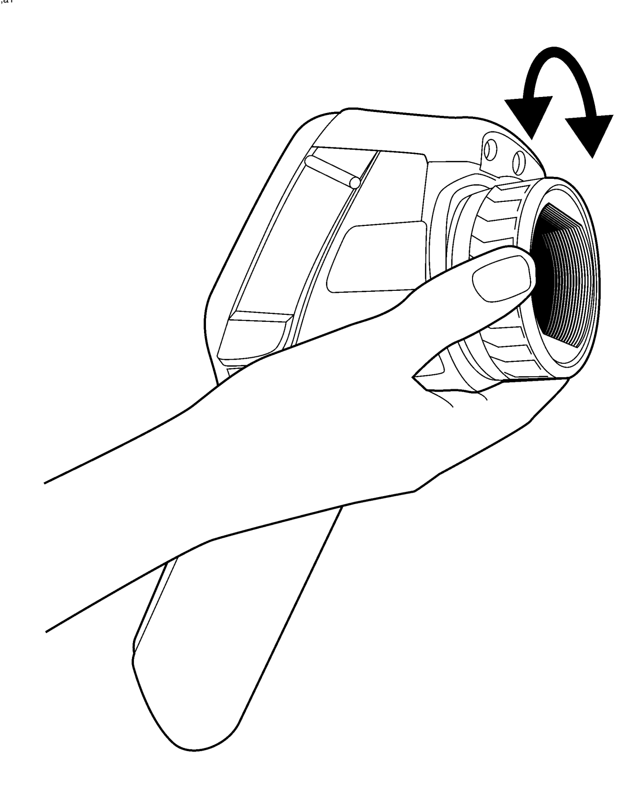
14.3 Manuelles Scharfstellen der Infrarotkamera

HINWEIS

- Berühren Sie beim manuellen Scharfstellen der Infrarotkamera nicht die Objektivoberfläche. Sollten Sie die Objektivoberfläche berührt haben, reinigen Sie das Objektiv gemäß den Anweisungen in Abschnitt 23.2 – Infrarotobjektiv auf Seite 65.

Abbildung

T638779;a1



Vorgehensweise

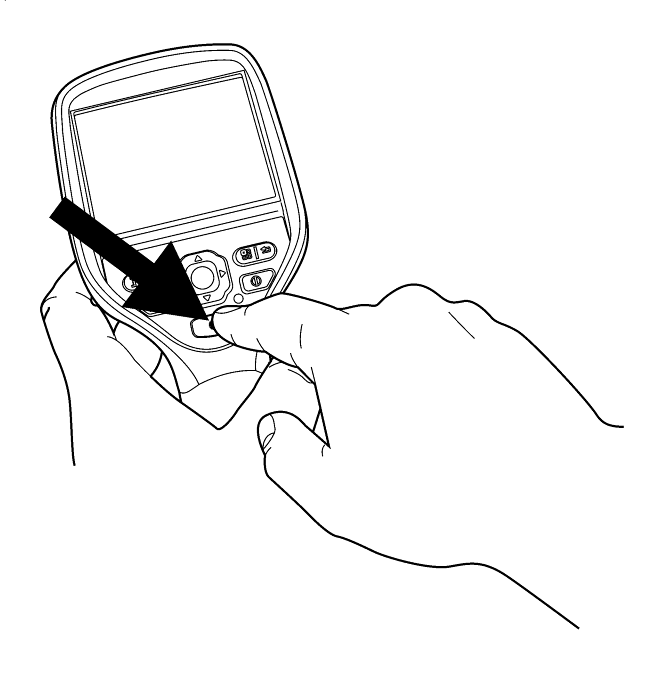
Sie haben folgende Möglichkeiten:

- Für die Ferneinstellung drehen Sie den Fokusring im Uhrzeigersinn (vom LCD-Display mit Touchscreen aus betrachtet).
- Für die Naheinstellung drehen Sie den Fokusring gegen den Uhrzeigersinn (vom LCD-Display mit Touchscreen aus betrachtet).

14.4 Bedienung des Laserpointers

Abbildung

T638778;a1



Vorgehensweise

Um den Laserpointer zu verwenden, gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Um den Laserpointer einzuschalten, halten Sie die Lasertaste gedrückt.
2	Um den Laserpointer auszuschalten, lassen Sie die Lasertaste los.

HINWEIS

- Auf dem Bildschirm wird eine Warnanzeige eingeblendet, wenn der Laserpointer eingeschaltet ist.
- Die Position des Laserpunkts wird auf dem Infrarotbild angezeigt (abhängig vom Kameramodell).

15 Arbeiten mit Bildern

15.1 Speichern von Bildern

Allgemein

Ein Bild kann direkt gespeichert werden, ohne es zunächst in der Vorschau anzuzeigen.

Speicherkapazität

Diese Tabelle gibt eine Übersicht darüber, wie viele Infrarot-Bilder (IR) und wie viele Digitalkamera-Bilder (DK) *ungefähr* auf Speicherkarten gespeichert werden können:

Kartengröße	Nur IR	IR + DK	IR + DK + 30 Sekunden Sprachkommentar
1 GB	5500	850	600
2 GB	11 000	1700	1200

Benennungskonventionen

Bilder werden standardmäßig mit **IR_xxxx.jpg** benannt, wobei **xxxx** für die automatische Durchnummerierung steht.

Vorgehensweise

Um ein Bild direkt zu speichern, drücken Sie die Trigger-Taste, und lassen Sie sie wieder los.

HINWEIS

Die Funktion der Trigger-Taste kann unter (**Modus**) > **Einstellungen** > **Voreinstellungen** geändert werden. Es stehen folgende Funktionen zur Wahl:

- Vorschau/Speichern (kurzes Drücken = Vorschau; langes Drücken = Speichern).
- Direkt speichern (Standardeinstellung)
- Immer Vorschau

15.2 Bildvorschau

Allgemein

Sie können ein Infrarotbild (vollständig Infrarot, Fusion, Bild-in-Bild) oder Digitalbild in der Vorschau anzeigen, bevor Sie es auf eine Speicherkarte speichern. So können Sie vor dem Speichern feststellen, ob das Bild oder Foto die gewünschten Informationen enthält.

Im Vorschaumodus können Sie das Bild auch vor dem Speichern bearbeiten und Kommentare hinzufügen, um das Generieren von Berichten zu vereinfachen.

Vorgehensweise

Um ein Bild in der Vorschau anzuzeigen, drücken Sie kurz die Trigger-Taste, und lassen Sie sie wieder los. (Hinweis: Da dies nicht die Standardeinstellung der Kamera ist, müssen Sie das Verhalten der Taste ändern. Anweisungen hierzu finden Sie unten.)

HINWEIS

Die Funktion der Trigger-Taste kann unter (**Modus**) > **Einstellungen** > **Voreinstellungen** geändert werden. Es stehen folgende Funktionen zur Wahl:

- Vorschau/Speichern (kurzes Drücken = Vorschau; langes Drücken = Speichern).
- Direkt speichern (Standardeinstellung)
- Immer Vorschau

Publ. No. T559651 Rev. a572 – GERMAN (DE) – November 7, 2011

15.3 Öffnen von Bildern

Allgemein

Wenn Sie ein Bild speichern, wird es auf einer Speicherkarte gespeichert. Um das Bild erneut anzuzeigen, öffnen Sie es über die Speicherkarte.

Vorgehensweise

Um ein Bild zu öffnen, gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Drücken Sie auf [▶].
2	Drücken Sie die Navigationstaste nach oben/unten bzw. rechts/links, um das Bild auszuwählen, das Sie öffnen möchten.
3	Drücken Sie auf [OK]. Daraufhin wird das Bild in voller Größer angezeigt.
4	Führen Sie eine der folgenden Aktionen durch: ▪ Um das geöffnete Bild zu bearbeiten, drücken Sie die [OK]-Taste. Daraufhin wird ein Menü geöffnet. ▪ Bewegen Sie die Taste nach rechts/links, um das vorherige/nächste Bild anzuzeigen. ▪ Drücken Sie [⊞ ↩], um zur Bildübersicht zurückzukehren.

15.4 Anpassen von Infrarotbildern

Allgemein

Ein Infrarotbild kann *automatisch* oder *manuell* eingestellt werden. Mit der OK-Taste wechseln Sie zwischen diesen beiden Modi. Beachten Sie, dass dies nur im Live-Modus und nicht im Vorschau/Archivmodus möglich ist.

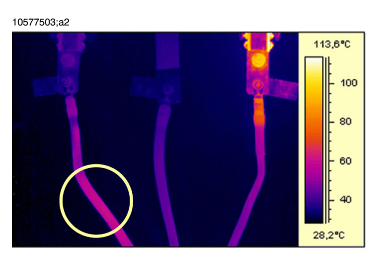
Beispiel 1

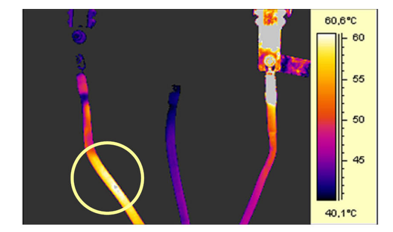
Diese Abbildung zeigt zwei Infrarotbilder von Kabelanschlüssen. Eine korrekte Analyse des linken Kabels wäre im Bild links unten schwierig, wenn Sie das Bild nur automatisch einstellen. Sie können das linke Kabel genauer analysieren, wenn Sie

- den Level der Temperaturskala ändern
- den Span der Temperaturskala ändern

Das Bild links wurde automatisch eingestellt. Im Bild rechts wurden die Werte für die maximale und die minimale Temperatur an die nähere Umgebung des Objekts angepasst. An den Temperaturskalen rechts neben den beiden Bildern können Sie sehen, wie die Temperaturwerte verändert wurden.

10577503;a2





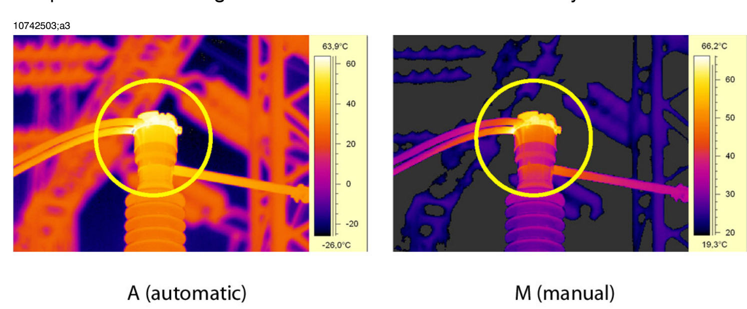
A (automatic)

M (manual)

Beispiel 2

Diese Abbildung zeigt zwei Infrarotbilder eines Trennschalters.

Im Bild links wurden der kalte Himmel und der Strommast mit einer minimalen Temperatur von -26,0 °C aufgezeichnet. Im Bild rechts wurden die Werte für die maximale und die minimale Temperatur an die nähere Umgebung des Trennschalters angepasst. Temperaturschwankungen am Schalter können so leichter analysiert werden.



Ändern der Werte der Temperaturskala

Um den Level der Temperaturskala zu ändern, gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Drücken Sie auf OK.
2	Wählen Sie mit der Navigationstaste (**Manuell**) aus.
3	Um die Temperaturskala zu ändern, drücken Sie die Navigationstaste nach oben/unten.
4	(Optionaler Schritt) Führen Sie eine der folgenden Aktionen durch: ■ Drücken Sie den Joystick, um eine automatische Einstellung für ein Bild vorzunehmen. ■ Drücken Sie OK erneut, und wählen Sie **Automatisch** aus, um zum automatischen Modus zurückzukehren.

Ändern der Spanne der Temperaturskala

Um den Span der Temperaturskala zu ändern, gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Drücken Sie auf OK.
2	Wählen Sie mit der Navigationstaste (**Manuell**) aus.
3	Um den Temperatur-Span zu ändern, drücken Sie die Navigationstaste nach rechts/links.

15.5 Ändern der Palette

Allgemein

Sie können die Farbpalette ändern, mit der die Kamera die verschiedenen Temperaturen anzeigt. Eine andere Palette kann die Analyse eines Bildes erleichtern.

Vorgehensweise

Um die Palette zu ändern, gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Drücken Sie , um das Menüsystem anzuzeigen.
2	Drücken Sie den Joystick, um zu zu wechseln.
3	Drücken Sie , um ein Untermenü anzuzeigen.
4	Wählen Sie mit der Navigationstaste eine andere Palette aus.
5	Drücken Sie auf OK.

15.6 Löschen von Bildern

Allgemein

Sie können ein oder mehrere Bilder löschen.

Vorgehensweise

Um ein Bild zu löschen, gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Drücken Sie auf ▶.
2	Drücken Sie die Navigationstaste nach oben/unten bzw. rechts/links, um das zu löschende Bild auszuwählen.
3	Drücken Sie OK, um das Bild anzuzeigen.
4	Drücken Sie OK, um ein Menü anzuzeigen.
5	Wählen Sie im Menü **Löschen** aus, und bestätigen Sie die Auswahl.

HINWEIS

Beachten Sie, dass alle Bilder in derselben Gruppe, beispielsweise Digitalfotos, ebenfalls gelöscht werden.

15.7 Löschen aller Bilder

Allgemein

Sie können alle Bilder löschen.

Vorgehensweise

Um ein Bild zu löschen, gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Drücken Sie auf [▶].
2	Drücken Sie die Navigationstaste nach oben/unten bzw. rechts/links, um ein Bild auszuwählen.
3	Drücken Sie [OK], um das Bild anzuzeigen.
4	Drücken Sie [OK], um ein Menü anzuzeigen.
5	Wählen Sie im Menü **Alle löschen** aus, und bestätigen Sie die Auswahl.

15.8 Erstellen von PDF-Berichten mit der Kamera

Allgemein

Mit der Kamera können PDF-Berichte erstellt werden. Anschließend können die PDF-Berichte mit der App FLIR Viewer auf einen Computer, ein iPhone oder ein iPad übertragen sowie an Kunden gesendet werden.

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor, um einen PDF-Bericht zu erstellen:

1	Drücken Sie auf [▶].
2	Drücken Sie die Navigationstaste nach oben/unten bzw. rechts/links, um ein Bild auszuwählen.
3	Drücken Sie [OK], um das Bild anzuzeigen.
4	Drücken Sie [OK], um ein Menü anzuzeigen.
5	Wählen Sie im Menü **Berichtsseite erstellen** aus. Es wird ein Menü angezeigt, in dem Sie folgende Elemente ändern können: ■ Header. ■ Footer. ■ Logo (Das Logo muss sich im Format *.jpg im Verzeichnis /report/logo/ der Speicherkarte befinden. Die maximale Breite für die Seitengröße A4 beträgt 134 Pixel und für die Seitengröße US Letter 139 Pixel.)
6	Wählen Sie im Menü **Berichtsseite erstellen** aus.

16 Arbeiten mit den Bildmodi Bild-in-Bild und thermische Fusion

Was ist Picture in Picture?

Picture in Picture ist mit der thermischen Fusion vergleichbar, da ein Teil eines Digitalfotos als Infrarotbild angezeigt wird.

Der Unterschied liegt jedoch darin, dass bei Picture in Picture über dem Digitalfoto ein Infrarotbildrahmen angezeigt wird.

Was ist eine thermische Fusion?

Die thermische Fusion ist eine Funktion, mit der Sie einen Teil eines Digitalfotos als Infrarotbild anzeigen können.

Sie können die Kamera beispielsweise so einrichten, dass alle Bereiche eines Bildes mit einer bestimmten Temperatur in Infrarot angezeigt werden. Die verbleibenden Bereiche werden als Digitalfoto angezeigt.

Typen

Je nach Kameramodell sind bis zu vier verschiedene Typen verfügbar:

- **Oberhalb**: Alle Bereiche des Digitalfotos, deren Temperatur über dem festgelegten Temperaturwert liegt, werden als Infrarotbild angezeigt.
- **Unterhalb**: Alle Bereiche des Digitalfotos, deren Temperatur unter dem festgelegten Temperaturwert liegt, werden als Infrarotbild angezeigt.
- **Intervall**: Alle Bereiche des Digitalfotos, deren Temperatur zwischen zwei festgelegten Temperaturwerten liegt, werden als Infrarotbild angezeigt.
- **Picture In Picture**: Über dem Digitalfoto wird ein Infrarotbildrahmen angezeigt.

Bildbeispiele

Die folgende Tabelle enthält Informationen zu den vier verschiedenen Typen:

Fusionstyp	Bild
Oberhalb	Spot 43.9 °C 30.9 23.1 FLIR
Unterhalb	Spot 42.9 °C 26.6 23.1 FLIR

Fusionstyp	Bild
Intervall	
Picture In Picture	

Vorgehensweise zum Einrichten von Picture in Picture

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Drücken Sie [Taste], um das Menüsystem anzuzeigen.
2	Wählen Sie im Menüsystem [Symbol] aus. Daraufhin wird ein Untermenü angezeigt.
3	Wählen Sie im unter Menü **Picture In Picture** aus. Dadurch wird über dem Digitalfoto ein Infrarotbildrahmen angezeigt. Sie können mit Hilfe des LCD-Touchscreen-Displays den Bildrahmen verschieben und seine Größe verändern.

Vorgehensweise zum Einrichten einer thermischen Fusion

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Drücken Sie , um das Menüsystem anzuzeigen.
2	Wählen Sie im Menüsystem aus. Daraufhin wird ein Untermenü angezeigt.
3	Wählen Sie im unter Menü **Thermische Fusion** aus.
4	Drücken Sie auf .
5	Um den Infrarotanteil im Bild zu ändern, führen Sie eine der folgenden Aktionen aus: ▪ Drücken Sie den Joystick nach rechts/links, um auszuwählen, und anschließend nach oben/unten, um den unteren Temperaturwert zu ändern. ▪ Drücken Sie den Joystick nach rechts/links, um auszuwählen, und anschließend nach oben/unten, um den oberen Temperaturwert zu ändern. ▪ Drücken Sie den Joystick nach rechts/links, um auszuwählen, und anschließend nach oben/unten, um gleichzeitig den unteren und den oberen Temperaturwert zu ändern. Drücken Sie den Joystick nach rechts/links, um den Temperatur-Span zu ändern.

HINWEIS

So verwenden Sie thermische Fusion im *manuellen Modus*, wie oben beschrieben.

Bei der Verwendung von thermischer Fusion im *automatischen Modus* basieren die Temperaturwerte für die thermische Fusion auf den Temperaturwerten innerhalb des *Zielrahmens*, der in der Mitte des Bildes angezeigt wird.

Publ. No. T559651 Rev. a572 – GERMAN (DE) – November 7, 2011

17 Arbeiten mit Messwerkzeugen

17.1 *Festlegen von Messwerkzeugen: Messpunkte, Bereiche etc.*

Allgemein

Um die Temperatur zu messen, verwenden Sie ein oder mehrere Messwerkzeuge, z. B. einen Messpunkt oder ein Rechteck.

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor, um ein Messwerkzeug festzulegen:

1	Drücken Sie [Taste], oder tippen Sie auf den Bildschirm, um das Menüsystem anzuzeigen.
2	Drücken Sie den Joystick, um zu [Symbol] zu wechseln.
3	Drücken Sie [OK-Taste], um ein Untermenü anzuzeigen.
4	Wechseln Sie mit der Navigationstaste zu einem Messwerkzeug.
5	Drücken Sie [OK-Taste]. Daraufhin wird das Messwerkzeug auf dem Bildschirm angezeigt.

17.2 Festlegen eines Messwerkzeugs: Isothermen

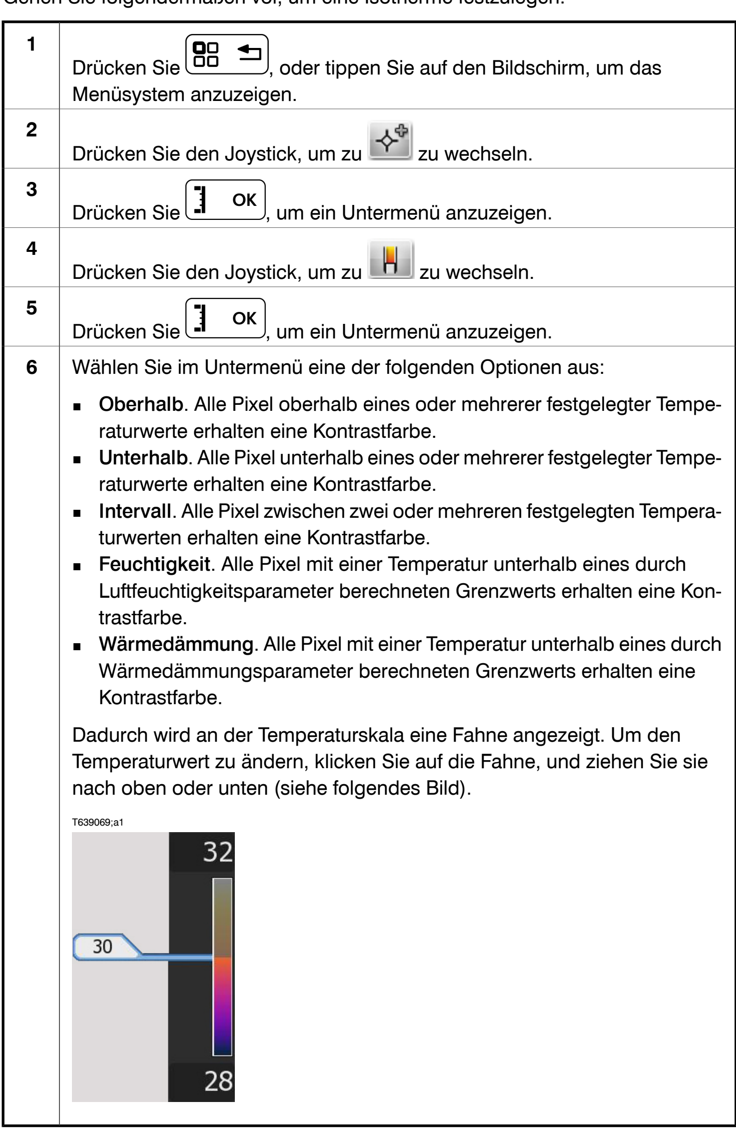
Allgemein

Mit dem Isothermen-Befehl erhalten alle Pixel oberhalb, unterhalb oder zwischen einem oder mehreren festgelegten Temperaturwerten eine Kontrastfarbe.

Mit Isothermen lassen sich Anomalien in einem Infrarotbild leicht entdecken.

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor, um eine Isotherme festzulegen:



1	Drücken Sie [Taste], oder tippen Sie auf den Bildschirm, um das Menüsystem anzuzeigen.
2	Drücken Sie den Joystick, um zu [Symbol] zu wechseln.
3	Drücken Sie [OK], um ein Untermenü anzuzeigen.
4	Drücken Sie den Joystick, um zu [Symbol] zu wechseln.
5	Drücken Sie [OK], um ein Untermenü anzuzeigen.
6	Wählen Sie im Untermenü eine der folgenden Optionen aus: ▪ **Oberhalb**. Alle Pixel oberhalb eines oder mehrerer festgelegter Temperaturwerte erhalten eine Kontrastfarbe. ▪ **Unterhalb**. Alle Pixel unterhalb eines oder mehrerer festgelegter Temperaturwerte erhalten eine Kontrastfarbe. ▪ **Intervall**. Alle Pixel zwischen zwei oder mehreren festgelegten Temperaturwerten erhalten eine Kontrastfarbe. ▪ **Feuchtigkeit**. Alle Pixel mit einer Temperatur unterhalb eines durch Luftfeuchtigkeitsparameter berechneten Grenzwerts erhalten eine Kontrastfarbe. ▪ **Wärmedämmung**. Alle Pixel mit einer Temperatur unterhalb eines durch Wärmedämmungsparameter berechneten Grenzwerts erhalten eine Kontrastfarbe. Dadurch wird an der Temperaturskala eine Fahne angezeigt. Um den Temperaturwert zu ändern, klicken Sie auf die Fahne, und ziehen Sie sie nach oben oder unten (siehe folgendes Bild). T639069;a1 32 30 28

17.3 Verschieben oder Größenänderung eines Messwerkzeugs

Allgemein

Sie können ein Messwerkzeug verschieben und seine Größe ändern.

HINWEIS

- Bei dieser Vorgehensweise wird davon ausgegangen, dass Sie zuvor ein Messwerkzeug auf dem Bildschirm festgelegt haben.
- Sie können das Messwerkzeug auch direkt auf dem LCD-Touchscreen-Display mit dem Finger verschieben oder in der Größe ändern.

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor, um ein Messwerkzeug zu verschieben oder in der Größe zu ändern:

1	Drücken Sie , oder tippen Sie auf den Bildschirm, um das Menüsystem anzuzeigen.
2	Wechseln Sie mit der Navigationstaste zu (**Werkzeuge**).
3	Drücken Sie OK, um ein Untermenü anzuzeigen.
4	Wechseln Sie mit der Navigationstaste zu (**Werkzeuge anpassen**).
5	Drücken Sie OK, und wählen Sie das Messwerkzeug aus, das Sie verschieben oder in der Größe ändern möchten.
6	Verwenden Sie die Navigationstaste, um das Messwerkzeug zu verschieben oder in der Größe zu ändern.

17.4 Erstellen und Konfigurieren von Differenzberechnungen

Allgemein

Durch die Differenzberechnung wird die Differenz zwischen den Werten von zwei bekannten Messergebnissen angegeben.

HINWEIS

Bei dieser Vorgehensweise wird davon ausgegangen, dass Sie zuvor mindestens zwei Messwerkzeuge auf dem Bildschirm festgelegt haben.

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor, um eine Differenzberechnung zu erstellen und zu konfigurieren:

1	Drücken Sie , oder tippen Sie auf den Bildschirm, um das Menüsystem anzuzeigen.
2	Wechseln Sie mit der Navigationstaste zu (**Werkzeuge**).
3	Drücken Sie OK, um ein Untermenü anzuzeigen.
4	Wählen Sie mit der Navigationstaste Δ (**Differenz hinzufügen**) aus.
5	Drücken Sie OK. Es wird ein Dialogfeld angezeigt, in dem Sie die Messwerkzeuge auswählen können, die Sie für die Differenzberechnung verwenden möchten.
6	Drücken Sie OK. Das Ergebnis der Differenzberechnung wird in der Ergebnistabelle angezeigt.

Publ. No. T559651 Rev. a572 – GERMAN (DE) – November 7, 2011

17.5 Ändern von Objektparametern

Allgemein

Um exakte Messergebnisse zu erzielen, müssen Sie die Objektparameter einstellen.

Parametertypen

Die Kamera kann folgende Objektparameter verwenden:

- Der **Emissionsgrad** gibt an, wie viel Strahlung ein Objekt im Vergleich zu einem theoretischen Referenzobjekt mit derselben Temperatur (auch “Schwarzkörper” genannt) abgibt. Das Gegenteil des Emissionsgrades ist die Reflexivität. Der Emissionsgrad gibt an, wie viel Strahlung von dem Objekt ausgeht, und nicht, wie viel von ihm reflektiert wird.
- Die **Reflektierte Temperatur**, mit der die Umgebungsstrahlung kompensiert wird, die von dem Objekt in die Kamera reflektiert wird. Diese Objekteigenschaft wird Reflexivität genannt.
- Der **Objektabstand** ist der Abstand zwischen Kamera und Zielobjekt.
- Die **Atmosphärentemperatur** ist die Lufttemperatur zwischen Kamera und Zielobjekt.
- Die **Relative Luftfeuchtigkeit** ist die relative Luftfeuchtigkeit zwischen Kamera und Zielobjekt.
- Die **Kompensation für externes IR-Fenster**, d. h. die Temperatur der Schutzfenster usw., die zwischen der Kamera und dem Zielobjekt aufgestellt sind. Wenn keine Schutzfenster oder sonstigen Abschirmungen verwendet werden, ist dieser Wert nicht relevant und sollte inaktiv bleiben.

Empfohlene Werte

Wenn Sie sich bezüglich der Werte nicht sicher sind, empfehlen wir die folgenden Werte:

Atmosphärentemperatur	+20 °C
Emissionsgrad	0,95
Objektabstand	1,0 m
Reflektierte scheinbare Temperatur	+20 °C
Relative Luftfeuchtigkeit	50 %

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor, um die Objektparameter zu ändern:

1	Drücken Sie [Taste], oder tippen Sie auf den Bildschirm, um das Menüsystem anzuzeigen.
2	Drücken Sie den Joystick, um zu [Symbol] zu wechseln.
3	Drücken Sie [OK], um ein Dialogfeld anzuzeigen.
4	Verwenden Sie die Navigationstaste, um einen Objektparameter auszuwählen und zu ändern.
5	Drücken Sie [OK], um das Dialogfeld zu schließen.

HINWEIS

Von den oben genannten Parametern sind der *Emissionsgrad* und die *reflektierte scheinbare Temperatur* die wichtigsten, die in der Kamera korrekt eingestellt werden müssen.

Verwandte Themen

Ausführliche Informationen zu Parametern und zur korrekten Einstellung des Emissionsgrads und der reflektierten scheinbaren Temperatur finden Sie in Abschnitt 29 – Thermografische Messtechniken auf Seite 96.

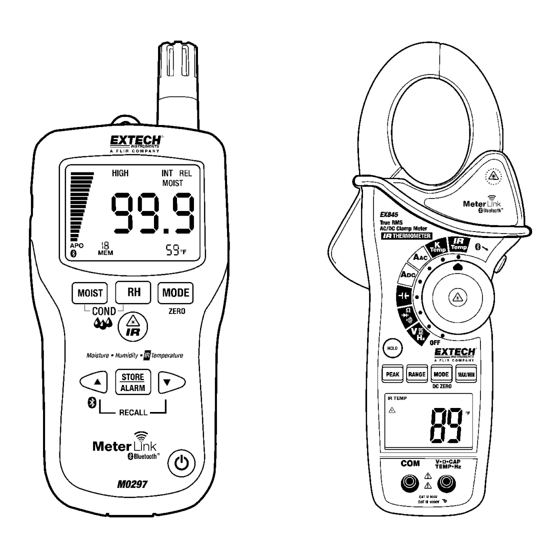
18 Abrufen von Daten externer Extech-Messgeräte

Allgemein

Sie können Daten von externen Extech-Messgeräten abrufen und diese Daten anschließend in die Ergebnistabelle des Infrarotbilds aufnehmen.

Abbildung

T638370;a1



Unterstützte Extech-Messgeräte

- Extech Moisture Meter MO297
- Extech Clamp Meter EX845

Technischer Support für Extech-Messgeräte

support@extech.com

Dieser Support kann Ihnen nur bei Extech-Messgeräten weiterhelfen. Technischen Support für Infrarotkameras finden Sie auf http://support.flir.com.

HINWEIS

- Bei diesem Vorgang wird vorausgesetzt, dass Sie die Bluetooth-Geräte miteinander verbunden und die Funktion der Speichern-Taste auf Vorschau/Speichern gesetzt haben.
- Weitere Informationen zu den Produkten von Extech Instruments finden Sie unter http://www.extech.com/instruments/.

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Schalten Sie die Kamera ein.

2	Schalten Sie das Extech-Messgerät ein.
3	Aktivieren Sie am Messgerät den Bluetooth-Modus. Nähere Informationen hierzu finden Sie im Handbuch Ihres Messgeräts.
4	Wählen Sie am Messgerät die zu verwendende Maßeinheit (Spannung, Strom, Widerstand usw.). Informationen zur Vorgehensweise finden Sie in der Benutzerdokumentation des Messgeräts. Die Ergebnisse des Messgeräts werden nun automatisch in der Ergebnistabelle links oben im Bildschirm der Infrarotkamera angezeigt.
5	Führen Sie eine der folgenden Aktionen durch: ■ Drücken Sie die Vorschau/Speichern-Taste, um die Vorschau eines Bildes anzusehen. Zu diesem Zeitpunkt können Sie zusätzliche Werte hinzufügen. Führen Sie hierzu eine neue Messung durch, und wählen Sie auf dem Bildschirm Ihrer Infrarotkamera **Hinzufügen**. ■ Möchten Sie ein Bild speichern, ohne die Vorschau zu nutzen, halten Sie die Vorschau/Speichern-Taste gedrückt. ■ (Abhängig vom Kameramodell) Möchten Sie einem erneut aufgerufenen Bild einen Wert hinzufügen, rufen Sie zunächst das Bild auf und schalten dann das Messgerät ein. Wählen Sie nun **Hinzufügen** auf dem Bildschirm der Infrarotkamera. Sie können maximal 8 Werte hinzufügen. Beachten Sie hierbei, dass einige Werte in zwei Zeilen angezeigt werden.

18.1 Typische Verfahrensweise für Feuchtigkeitsmessung und Dokumentation

Allgemein

Die nachfolgende Vorgehensweise kann als Grundlage für weitere Verfahrensweisen mit Extech-Messgeräten und Infrarotkameras herangezogen werden.

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Ermitteln Sie mit Hilfe der Infrarotkamera potenziell feuchte Bereiche hinter Wänden und Decken.
2	Nehmen Sie mit Hilfe des Feuchtemessers an verschiedenen Stellen, an denen Feuchtigkeit vermutet wird, Messungen vor.
3	Wird ein besonders auffälliger Punkt identifiziert, speichern Sie den Feuchtigkeitswert im Feuchtemesser und kennzeichnen Sie den Messpunkt von Hand oder mit einer anderen thermischen Markierung
4	Rufen Sie den Messwert aus dem Speicher des Messgeräts ab. Der Feuchtemesser überträgt diesen Wert nun fortlaufend an die Infrarotkamera.
5	Erfassen Sie mit der Kamera ein Wärmebild des Bereichs mit der Markierung. Die gespeicherten Daten des Feuchtemessers werden ebenfalls im Bild gespeichert.

19 Arbeiten mit Isothermen

19.1 *Isothermen für Gebäude*

Allgemein

Die Kamera verfügt über Isothermentypen, die spezifisch für die Baubranche sind. Sie können die Kamera so einstellen, dass folgende Isothermen ausgelöst werden:

- **Feuchtigkeit**: Wird ausgelöst, wenn ein Messwerkzeug eine Oberfläche ermittelt, bei der die relative Luftfeuchtigkeit über einem festgelegten Wert liegt.
- **Wärmedämmung**: Wird ausgelöst, wenn bei einer Wand ein Wärmedämmungsmangel vorliegt.

Informationen zur Feuchtigkeits-Isotherme

Zur Erkennung von Bereichen, bei denen die relative Luftfeuchtigkeit unter 100 % liegt, können Sie die **Feuchtigkeit**-Isotherme verwenden. Hier können Sie den Wert für die relative Luftfeuchtigkeit einstellen, bei dessen Überschreitung das Bild gefärbt wird.

Informationen zur Wärmedämmungs-Isotherme

Die Isotherme **Wärmedämmung** kann Bereiche in Gebäuden erkennen, in denen ein Wärmedämmungsmangel vorliegt. Der Alarm wird ausgelöst, wenn der Wärmedämmungsgrad unter einen festgelegten Wert für den Energieverlust durch die Wand fällt.

In den verschiedenen Bauvorschriften werden jeweils unterschiedliche Werte für den Wärmedämmungsgrad empfohlen, typische Werte für Neubauten liegen jedoch bei 60 – 80 %. Informieren Sie sich in den national gültigen Bauvorschriften über die empfohlenen Werte.

Einstellen eines Alarms für die Luftfeuchtigkeit

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Drücken Sie , um das Menüsystem anzuzeigen.
2	Drücken Sie den Joystick, um zu zu wechseln.
3	Drücken Sie OK, um ein Untermenü anzuzeigen.
4	Drücken Sie den Joystick, um zu zu wechseln.
5	Drücken Sie OK, um ein Untermenü anzuzeigen.
6	Wählen Sie im Untermenü die Option **Feuchtigkeit** aus. Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt, in dem Sie die benötigten Parameter festlegen können. ▪ **Atmosphärentemperatur**: die aktuelle Umgebungstemperatur. ▪ **Relative Luftfeuchtigkeit**: die aktuelle relative Luftfeuchtigkeit. ▪ **Grenzwert für relative Feuchtigkeit**: die Grenze der relativen Luftfeuchtigkeit, bei der der Alarm ausgelöst werden soll. Ein Wert von 100 % bedeutet, dass sich die Luftfeuchtigkeit in Form von Wasser niederschlägt.

7	Drücken Sie auf [OK]. Die Konfiguration ist abgeschlossen, und eine Isotherme wird angezeigt, wenn die Parameter erfüllt sind.

Einstellen eines Alarms für die Wärmedämmung

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Drücken Sie [Menü/Zurück], um das Menüsystem anzuzeigen.
2	Drücken Sie den Joystick, um zu [Symbol] zu wechseln.
3	Drücken Sie [OK], um ein Untermenü anzuzeigen.
4	Drücken Sie den Joystick, um zu [Symbol] zu wechseln.
5	Drücken Sie [OK], um ein Untermenü anzuzeigen.
6	Wählen Sie im Untermenü die Option **Wärmedämmung** aus. Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt, in dem Sie die benötigten Parameter festlegen können. ▪ **Außentemperatur**: die aktuelle Außentemperatur. ▪ **Innentemperatur**: die aktuelle Innentemperatur. ▪ **Thermischer Index in %**: der Wärmedämmungsgrad, eine ganze Zahl zwischen 0 und 100 %.
7	Drücken Sie auf [OK]. Die Konfiguration ist abgeschlossen, und eine Isotherme wird angezeigt, wenn die Parameter erfüllt sind.

20 Kommentieren von Bildern

Allgemein

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie Sie mit Hilfe von Kommentaren zusätzliche Informationen zu einem Infrarotbild speichern können.

Durch das Hinzufügen von Kommentaren wird die Berichterstellung und Nachbearbeitung effizienter, da wesentliche Informationen zu dem Bild wie Bedingungen, Fotos und Informationen zum Aufnahmeort bereitgestellt werden.

20.1 Aufnehmen von Digitalbildern

Allgemein

Wenn Sie ein Infrarotbild speichern, können Sie auch ein Digitalbild des Zielobjekts anfertigen. Das Digitalbild wird automatisch mit dem Infrarotbild gruppiert, wodurch die Nachbearbeitung und die Berichterstellung erleichtert wird.

HINWEIS

Bei dieser Vorgehensweise wird vorausgesetzt, dass Sie die Kamera nicht für die gleichzeitige Aufnahme von Digital- und Infrarotfotos konfiguriert haben.

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Stellen Sie sicher, dass die Kamera so konfiguriert ist, dass vor dem Speichern von Bildern eine Vorschau angezeigt wird. Andernfalls wechseln Sie mit dem Joystick zu (**Modus**) > **Einstellungen** > (**Voreinstellungen**) > **Schaltfläche Speichern**.
2	Um ein Infrarotbild in der Vorschau anzuzeigen, drücken Sie kurz die Trigger-Taste, und lassen Sie sie wieder los.
3	Wählen Sie mit der Navigationstaste aus.
4	Drücken Sie OK, um ein Untermenü anzuzeigen.
5	Drücken Sie den Joystick, um **Bild der Digitalkamera** auszuwählen.
	Drücken Sie OK, um das Digitalfoto aufzunehmen. Das Digitalfoto wird in eine so genannte „Gruppe“ eingefügt und gemeinsam mit dem Infrarotbild im Bildarchiv gespeichert. Auch beim Verschieben der Dateien von der Kamera in die Berichterstellungssoftware auf dem Computer wird es als Gruppe behandelt.

20.2 Erstellen von Sprachkommentaren

Allgemein

Ein Sprachkommentar ist eine Audioaufzeichnung, die in einer Infrarotbilddatei gespeichert wird.

Der Sprachkommentar wird mit Hilfe eines Bluetooth-Headsets aufgezeichnet. Die Aufnahme kann in der Kamera sowie mit Bildanalyse- und Berichterstellungssoftware von FLIR Systems wiedergegeben werden.

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor, um einen Sprachkommentar zu erstellen:

1	Stellen Sie sicher, dass die Kamera so konfiguriert ist, dass vor dem Speichern von Bildern eine Vorschau angezeigt wird. Andernfalls wechseln Sie mit dem Joystick zu (**Modus**) > **Einstellungen** > (**Voreinstellungen**) > **Schaltfläche Speichern**.
2	Um ein Bild in der Vorschau anzuzeigen, drücken Sie die Trigger-Taste.
3	Wählen Sie mit der Navigationstaste aus.
4	Drücken Sie OK, um ein Untermenü anzuzeigen.
5	Wählen Sie im Untermenü **Sprache** aus.
6	Führen Sie mindestens eine der folgenden Aktionen aus, und drücken Sie zur Bestätigung jeder Auswahl den Joystick. Manche Schaltflächen verfügen über mehrere Funktionen. ■ Um eine Aufnahme zu starten, wählen Sie . ■ Um eine Aufnahme zu unterbrechen/fortzusetzen, wählen Sie . ■ Um eine Aufnahme zu beenden, wählen Sie . ■ Um eine Aufnahme wiederzugeben, wählen Sie . ■ Um den Sprachkommentar anzuhalten, den Sie gerade anhören, wählen Sie . ■ Um zum Beginn einer Aufnahme zu gelangen, wählen Sie . ■ Um eine Aufzeichnung zu löschen, drücken Sie den Joystick nach rechts/links oder oben/unten, und wählen Sie . ■ Um eine Aufnahme zu speichern, wählen Sie **Speichern**.

20.3 Erstellen von Text

Allgemein

Text wird mit der Bilddatei in einer Gruppe zusammengefasst. Mit Hilfe dieser Funktion können Sie durch Eingabe von Freitext Bilder kommentieren. Der Text kann später bearbeitet werden.

Vorgehensweise

Gehen Sie bei der Texterstellung folgendermaßen vor:

1	Stellen Sie sicher, dass die Kamera so konfiguriert ist, dass vor dem Speichern von Bildern eine Vorschau angezeigt wird. Andernfalls wechseln Sie mit dem Joystick zu (**Modus**) > **Einstellungen** > (**Voreinstellungen**) > **Schaltfläche Speichern**.
2	Um ein Bild in der Vorschau anzuzeigen, drücken Sie die Trigger-Taste.
3	Wählen Sie mit der Navigationstaste aus.
4	Drücken Sie OK, um ein Untermenü anzuzeigen.
5	Wählen Sie im Untermenü **Text** aus. Dadurch wird eine Soft-Tastatur angezeigt, über die Sie den Text, den Sie speichern möchten, eingeben können.
6	Klicken Sie auf OK.

HINWEIS

Um Sonderzeichen auszuwählen, halten Sie die entsprechende Taste auf der Soft-Tastatur gedrückt.

20.4 Erstellen einer Tabelle

Allgemein

Eine Tabelle ist ein Formular, in dem Sie Bezeichnungen und Werte zu dem Element, das Sie untersuchen, einfügen können.

Bezeichnung (Beispiele)	**Wert (Beispiele)**
Company	Company A Company B Company C
Building	Workshop 1 Workshop 2 Workshop 3
Section	Room 1 Room 2 Room 3
Equipment	Tool 1 Tool 1 Tool 3
Recommendation	Recommendation 1 Recommendation 2 Recommendation 3

Diese Funktion ist sehr effizient, wenn Sie Informationen zu einem Bild speichern möchten oder wenn Sie eine große Anzahl ähnlicher Objekte untersuchen. Textkommentare machen das manuelle Ausfüllen von Formularen oder Untersuchungsprotokollen überflüssig.

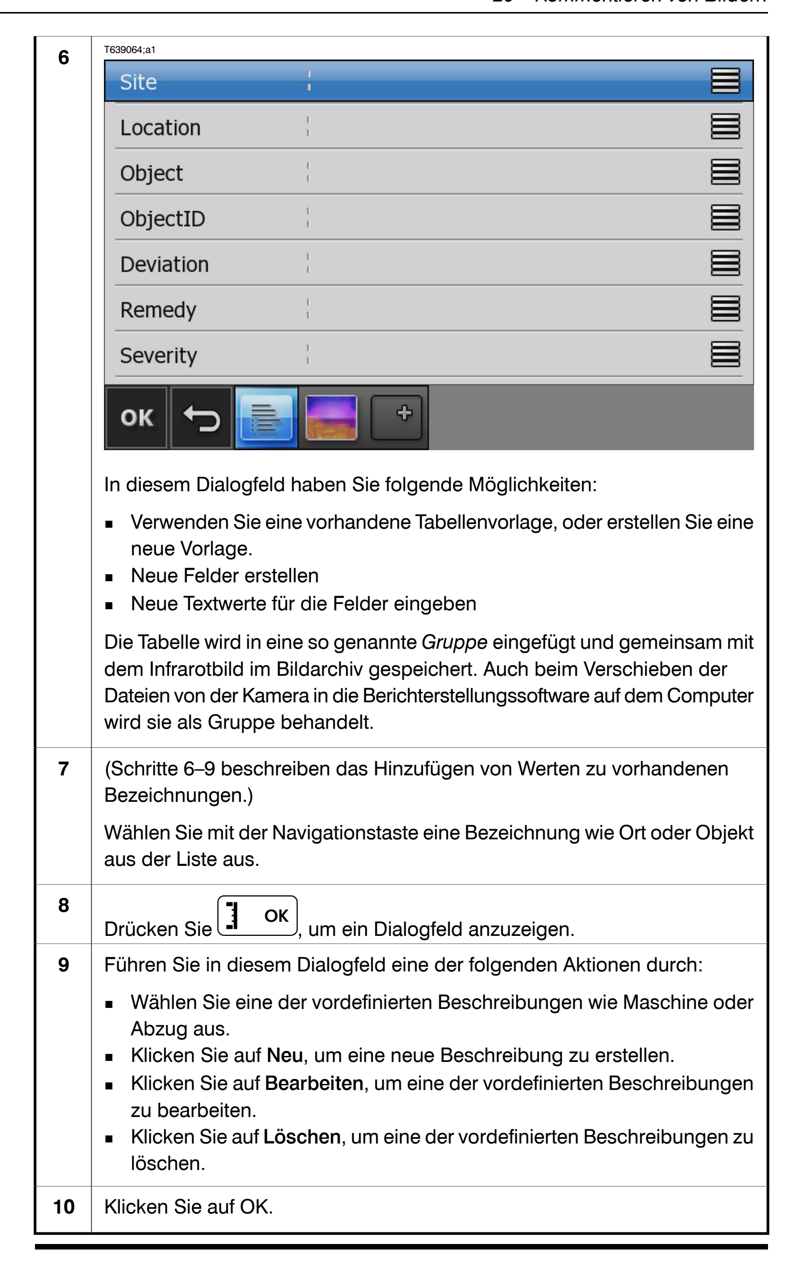
HINWEIS

- Bei dieser Vorgehensweise wird vorausgesetzt, dass Sie die Kamera nicht für das automatische Hinzufügen eines Textkommentars konfiguriert haben.
- Um Sonderzeichen auszuwählen, halten Sie die entsprechende Taste auf der Soft-Tastatur gedrückt.

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Stellen Sie sicher, dass die Kamera so konfiguriert ist, dass vor dem Speichern von Bildern eine Vorschau angezeigt wird. Andernfalls wechseln Sie mit dem Joystick zu (**Modus**) > **Einstellungen** > (**Voreinstellungen**) > **Schaltfläche Speichern**.
2	Um ein Bild in der Vorschau anzuzeigen, drücken Sie die Trigger-Taste.
3	Wählen Sie mit der Navigationstaste aus.
4	Drücken Sie OK, um ein Untermenü anzuzeigen.
5	Wählen Sie im Untermenü **Tabelle** aus.



6	(Bildschirmabbildung T639064;a1, siehe oben) In diesem Dialogfeld haben Sie folgende Möglichkeiten: ▪ Verwenden Sie eine vorhandene Tabellenvorlage, oder erstellen Sie eine neue Vorlage. ▪ Neue Felder erstellen ▪ Neue Textwerte für die Felder eingeben Die Tabelle wird in eine so genannte *Gruppe* eingefügt und gemeinsam mit dem Infrarotbild im Bildarchiv gespeichert. Auch beim Verschieben der Dateien von der Kamera in die Berichterstellungssoftware auf dem Computer wird sie als Gruppe behandelt.
7	(Schritte 6–9 beschreiben das Hinzufügen von Werten zu vorhandenen Bezeichnungen.) Wählen Sie mit der Navigationstaste eine Bezeichnung wie Ort oder Objekt aus der Liste aus.
8	Drücken Sie [OK], um ein Dialogfeld anzuzeigen.
9	Führen Sie in diesem Dialogfeld eine der folgenden Aktionen durch: ▪ Wählen Sie eine der vordefinierten Beschreibungen wie Maschine oder Abzug aus. ▪ Klicken Sie auf **Neu**, um eine neue Beschreibung zu erstellen. ▪ Klicken Sie auf **Bearbeiten**, um eine der vordefinierten Beschreibungen zu bearbeiten. ▪ Klicken Sie auf **Löschen**, um eine der vordefinierten Beschreibungen zu löschen.
10	Klicken Sie auf OK.

21 Aufnahme von Videos

Allgemein

Sie können nicht radiometrische Infrarot- oder Tageslichtvideos aufzeichnen. In diesem Modus arbeitet die Kamera wie eine herkömmliche digitale Videokamera.

Die Videos können mit Microsoft Windows Media Player wiedergegeben werden, radiometrische Informationen können jedoch nicht aus den Videos abgerufen werden.

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor, um Infrarotvideos oder nicht radiometrische Tageslichtvideos aufzuzeichnen:

1	Drücken Sie , um das Menüsystem anzuzeigen.
2	Wechseln Sie mit dem Joystick zu (**Modus**), und wählen Sie dann **Video** aus.
3	Gehen Sie folgendermaßen vor: ■ Um mit der Aufnahme zu beginnen, drücken Sie kurz die Vorschau/Speichern-Taste, und lassen Sie sie wieder los. ■ Um die Aufnahme zu beenden, drücken Sie kurz die Vorschau/Speichern-Taste, und lassen Sie sie wieder los.
4	Wenn die Aufnahme beendet wurde, wird eine Symbolleiste angezeigt, über die Sie folgende Aktionen durchführen können: ■ Aufnahme speichern ■ Aufnahme abbrechen ■ Aufnahme wiedergeben ■ Textkommentar hinzufügen ■ Fügen Sie eine Tabelle hinzu.

22 Ändern von Einstellungen

Allgemein

Sie können eine Reihe von Einstellungen für die Kamera ändern:

- Kameraeinstellungen, wie Display-Helligkeit, Energieverwaltung, Touchscreen-Kalibrierung und Standardeinstellungen.
- Voreinstellungen, z. B. Einstellungen für Kommentare und Überlagerung.
- Verbindungen, z. B. WLAN- und Bluetooth-Einstellungen.
- Regionale Einstellungen, wie Sprache, Datum und Uhrzeit, Datums- und Zeitformat, Temperatur- und Entfernungseinheiten.

In diesem Bereich werden auch nicht editierbare Kameradaten wie Seriennummer, Firmware-Version und Batteriestand angezeigt.

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor, um Einstellungen zu ändern:

1	Drücken Sie [Menü-Taste], um das Menüsystem anzuzeigen.
2	Wechseln Sie mit der Navigationstaste zu [Symbol] (**Modus**), und wählen Sie dann **Einstellungen** aus.
3	Drücken Sie [OK], um ein Dialogfeld anzuzeigen.
4	Gehen Sie folgendermaßen vor: ■ Mit der Navigationstaste wechseln Sie zwischen den Registerkarten und scrollen auf den Registerkarten nach oben/unten. ■ Mit der [OK]-Taste bearbeiten Sie die aktuell ausgewählte Einstellung. ■ Mit der [OK]-Taste bestätigen Sie eine Auswahl.

23 Reinigen der Kamera

23.1 Kameragehäuse, Kabel und weitere Teile

Flüssigkeiten

Verwenden Sie eine der folgenden Flüssigkeiten:

- Warmes Wasser
- Milde Reinigungslösung

Ausrüstung

Ein weiches Tuch

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Tränken Sie das Tuch in der Flüssigkeit.
2	Wringen Sie das Tuch aus, um überschüssige Flüssigkeit zu entfernen.
3	Reinigen Sie das Teil mit dem Tuch.

VORSICHT

Verwenden Sie niemals Verdünnungsmittel oder ähnliche Flüssigkeiten für Kamera, Kabel oder Zubehör. Dies könnte zu Beschädigungen führen.

23.2 Infrarotobjektiv

Flüssigkeiten

Verwenden Sie eine der folgenden Flüssigkeiten:

- 96%iger Isopropylalkohol
- Eine handelsübliche Reinigungslösung für Objektive mit über 30%igem Isopropylalkohol

Ausrüstung

Watte

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Tränken Sie die Watte in der Flüssigkeit.
2	Drücken Sie die Watte aus, um überschüssige Flüssigkeit zu entfernen.
3	Reinigen Sie das Objektiv nur einmal, und werfen Sie die Watte weg.

WARNUNG

Lesen Sie unbedingt alle entsprechenden MSDS (Material Safety Data Sheets, Sicherheitsdatenblätter) und Warnhinweise auf den Behältern durch, bevor Sie eine Flüssigkeit verwenden: Flüssigkeiten können gefährlich sein.

VORSICHT

- Gehen Sie bei der Reinigung des Infrarotobjektivs behutsam vor. Das Objektiv ist mittels einer Beschichtung entspiegelt, die sehr empfindlich ist.
- Reinigen Sie das Infrarotobjektiv sehr vorsichtig, da andernfalls die Entspiegelung Schaden nehmen könnte.

23.3 Infrarotdetektor

Allgemein

Selbst geringe Staubmengen auf dem Infrarotdetektor können zu schwerwiegenden Bildfehlern führen. Befolgen Sie nachstehende Anweisungen, um alle Staubpartikel vom Detektor zu entfernen.

HINWEIS

- Dieser Abschnitt ist nur für Kameras relevant, bei denen der Infrarotdetektor durch die Entfernung des Objektivs freigelegt wird.
- In manchen Fällen können Sie den Staub auch mithilfe dieser Anweisungen nicht entfernen. Der Infrarotdetektor muss dann mechanisch gesäubert werden. Diese mechanische Reinigung muss von einem autorisierten Servicepartner vorgenommen werden.

VORSICHT

Verwenden Sie für Schritt 2 dieser Anleitung keine Druckluft aus Druckluftkreisläufen, wie sie beispielsweise in Werkstätten gebräuchlich sind. Diese Luft wird zumeist mit einem Ölnebel angereichert, der pneumatische Werkzeuge schmiert.

Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1	Entfernen Sie das Objektiv von der Kamera.
2	Entfernen Sie den Staub mithilfe von Druckluft. Hierzu eignet sich beispielsweise ein Druckluft-Spray.

24 Technische Daten

Die technischen Daten finden Sie im Datenkatalog der Benutzerdokumentation auf der im Lieferumfang enthaltenen CD-ROM.

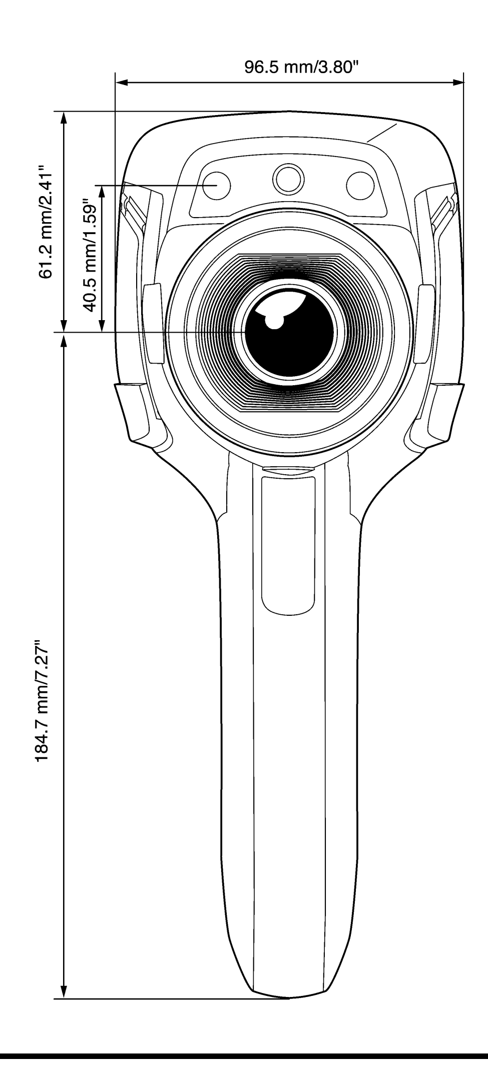
Weitere technische Daten finden Sie auch unter http://support.flir.com.

25 Abmessungen

25.1 *Kameraabmessungen – Frontansicht (1)*

Abbildung

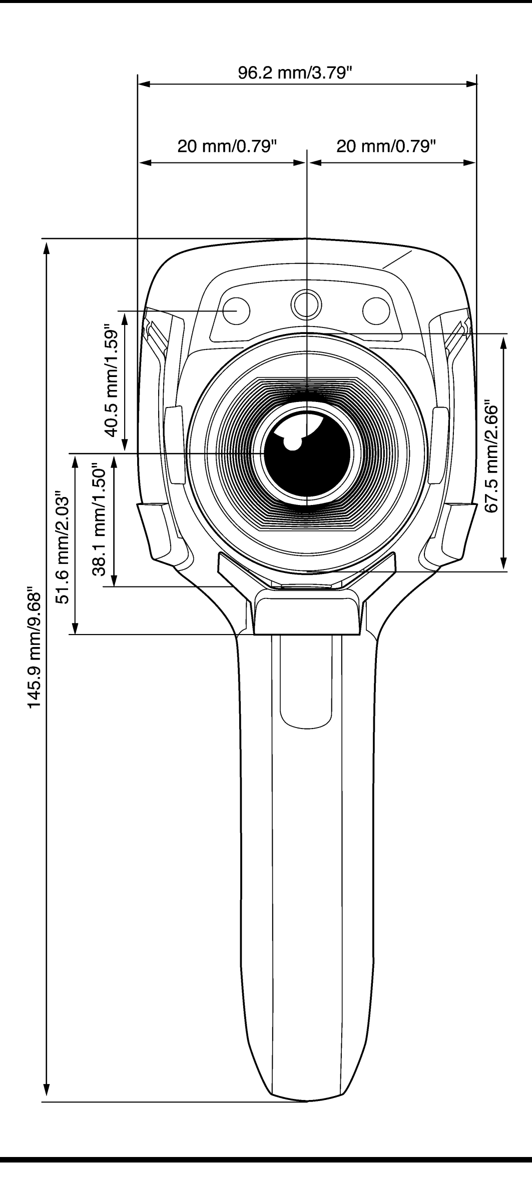
T638765;a1



25.2 Kameraabmessungen − Frontansicht (2)

Abbildung

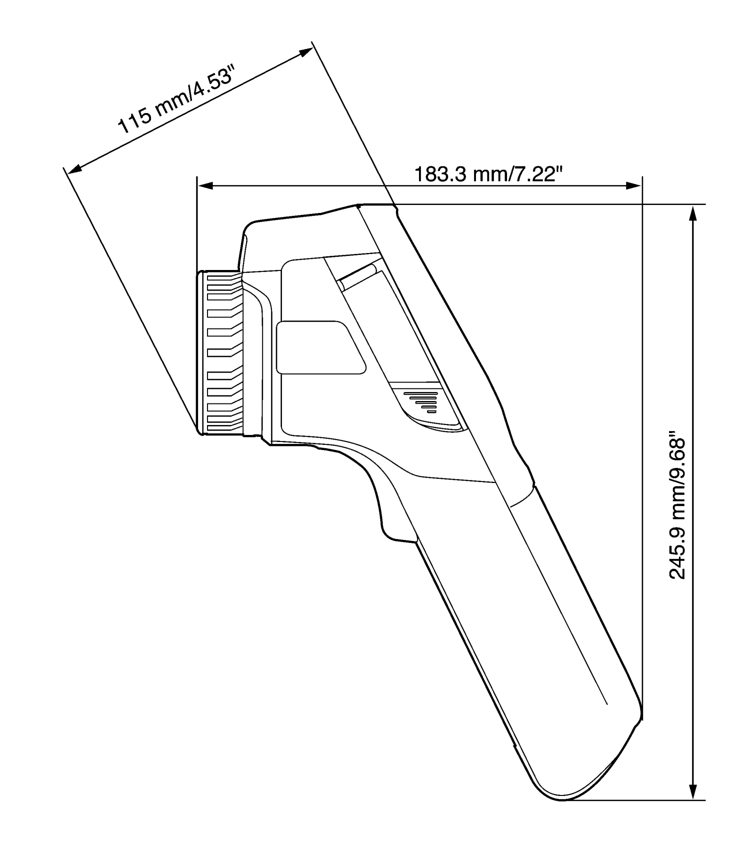
T638766;a1



25.3 Kameraabmessungen – Seitenansicht (1)

Abbildung

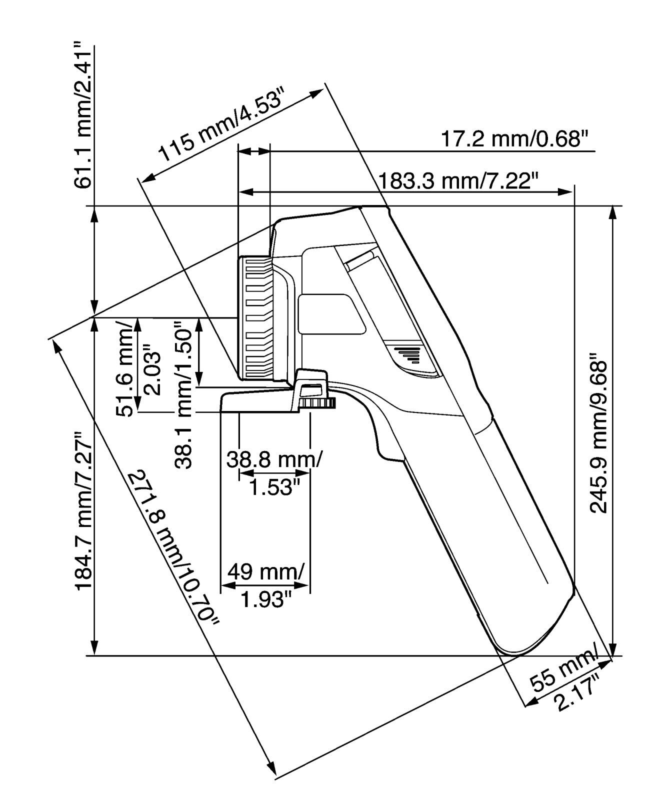
T638772;a1



25.4 Kameraabmessungen – Seitenansicht (2)

Abbildung

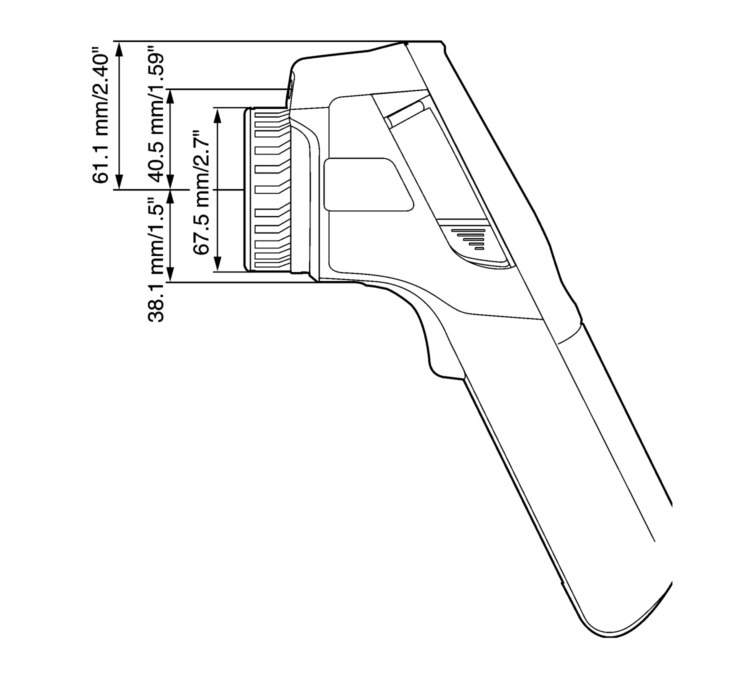
T638773;a1



25.5 Kameraabmessungen − Seitenansicht (3)

Abbildung

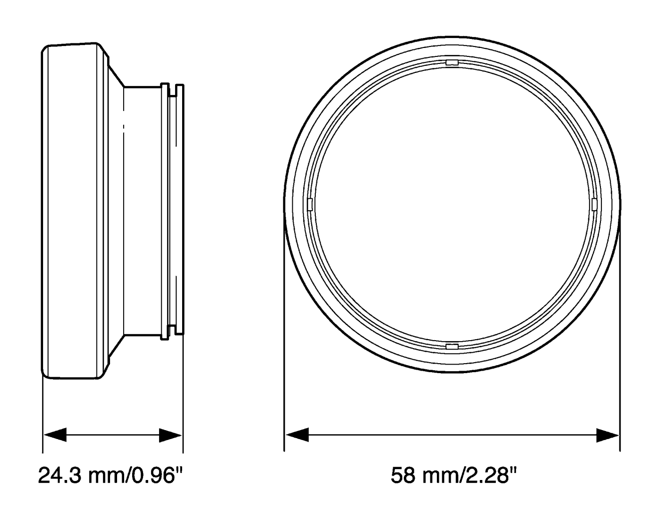
T638774;a1



25.6 *Infrarotobjektiv (30 mm/15°)*

Abbildung

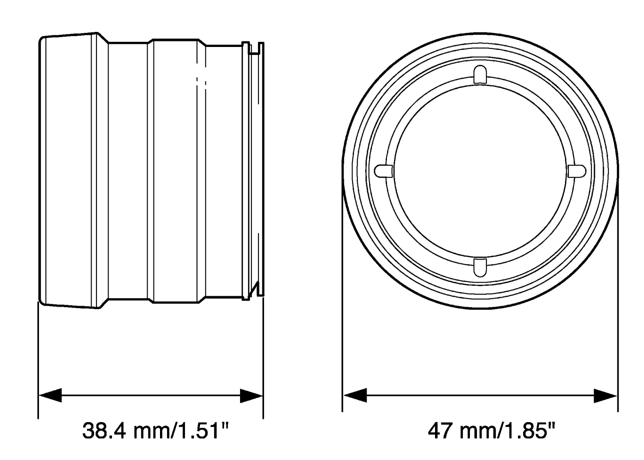
10762503;a1



25.7 Infrarotobjektiv (10 mm/45°)

Abbildung

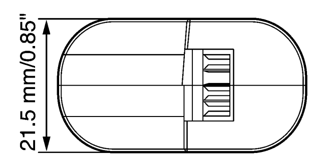
10762403;a1



25.8 Akku (1)

Abbildung

T638782;a1



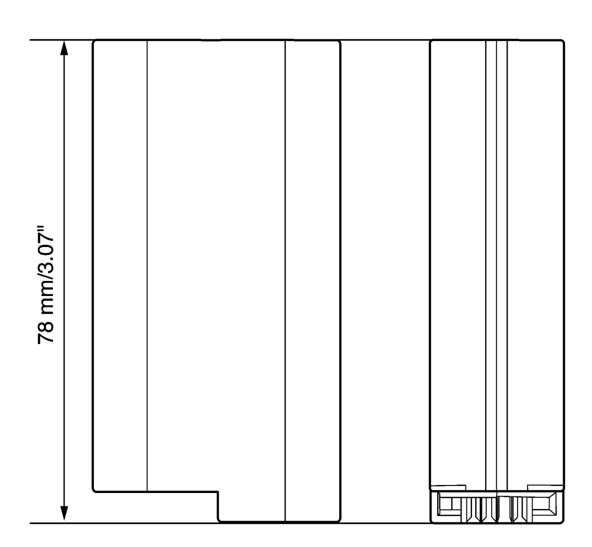
HINWEIS

Um etwaige Feuchtigkeit zu entfernen, reiben Sie den Akku mit einem sauberen und trockenen Tuch ab, bevor Sie ihn einsetzen.

25.9 Akku (2)

Abbildung

T638783;a1



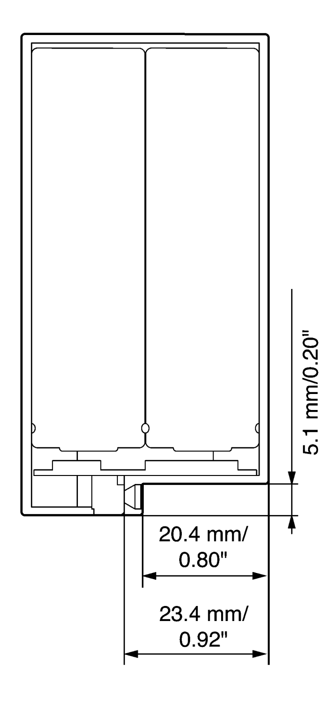
HINWEIS

Um etwaige Feuchtigkeit zu entfernen, reiben Sie den Akku mit einem sauberen und trockenen Tuch ab, bevor Sie ihn einsetzen.

25.10 Akku (3)

Abbildung

T638784;a1



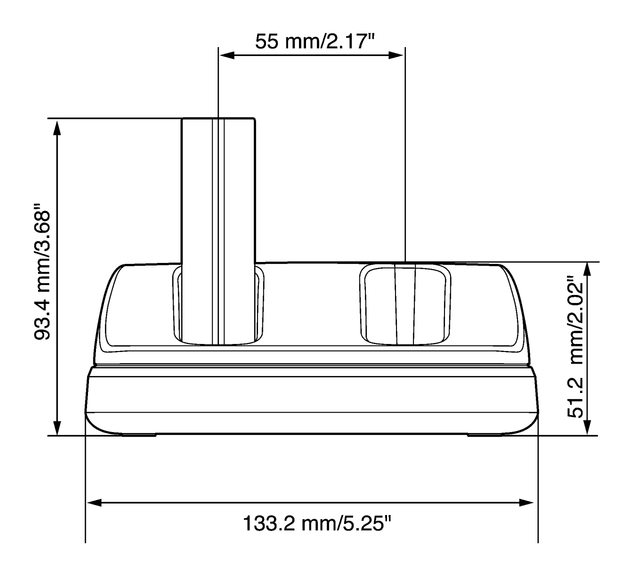
HINWEIS

Um etwaige Feuchtigkeit zu entfernen, reiben Sie den Akku mit einem sauberen und trockenen Tuch ab, bevor Sie ihn einsetzen.

25.11 Akkuladegerät (1)

Abbildung

T638767;a1



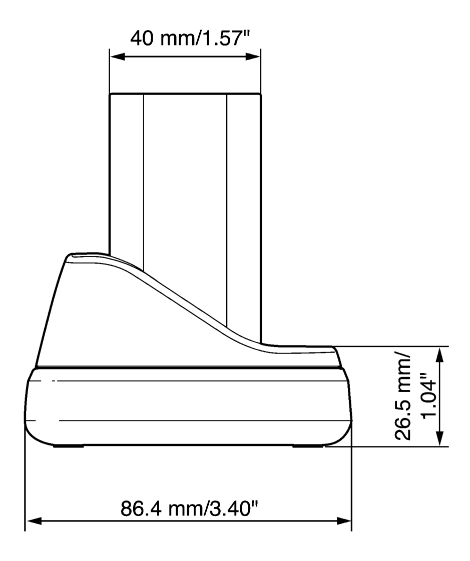
HINWEIS

Um etwaige Feuchtigkeit zu entfernen, reiben Sie den Akku mit einem sauberen und trockenen Tuch ab, bevor Sie ihn in das Ladegerät einsetzen.

25.12 Akkuladegerät (2)

Abbildung

T638768;a1



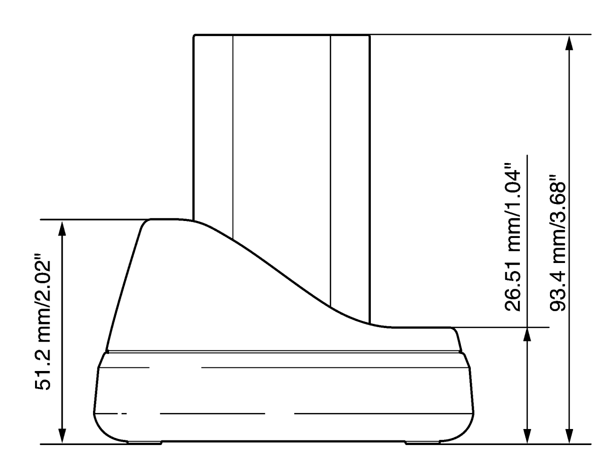
HINWEIS

Um etwaige Feuchtigkeit zu entfernen, reiben Sie den Akku mit einem sauberen und trockenen Tuch ab, bevor Sie ihn in das Ladegerät einsetzen.

25.13 Akkuladegerät (3)

Abbildung

T638769;a1



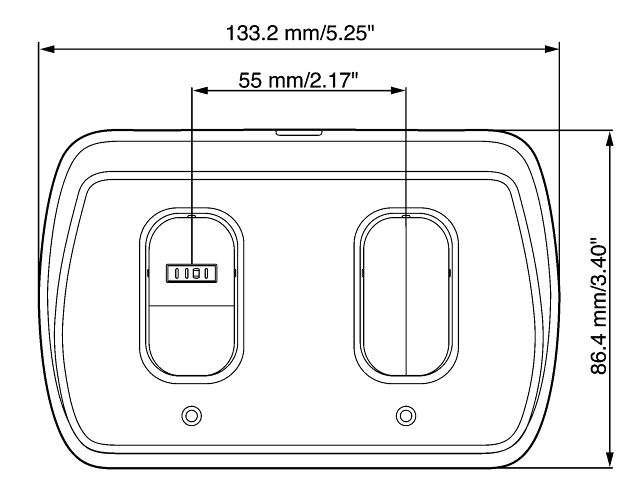
HINWEIS

Um etwaige Feuchtigkeit zu entfernen, reiben Sie den Akku mit einem sauberen und trockenen Tuch ab, bevor Sie ihn in das Ladegerät einsetzen.

25.14 Akkuladegerät (4)

Abbildung

T638770;a1



HINWEIS

Um etwaige Feuchtigkeit zu entfernen, reiben Sie den Akku mit einem sauberen und trockenen Tuch ab, bevor Sie ihn in das Ladegerät einsetzen.

26 Anwendungsbeispiele

26.1 Feuchtigkeit und Wasserschäden

Allgemein

Feuchtigkeit und Wasserschäden in Häusern können häufig mit Hilfe von Infrarotkameras festgestellt werden. Das kommt teils daher, dass der geschädigte Bereich andere Wärmeleiteigenschaften besitzt, und teils daher, dass er über eine vom umgebenden Material abweichende Wärmekapazität zur Wärmespeicherung verfügt.

HINWEIS

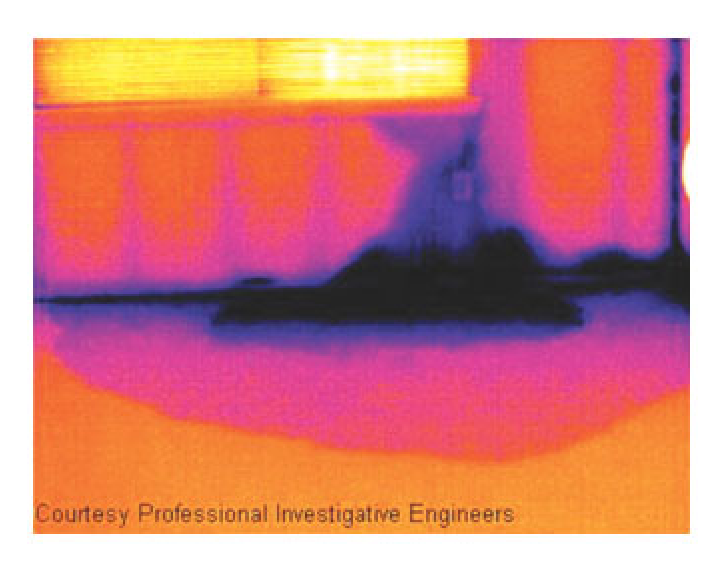
Viele Faktoren haben Einfluss auf die Art und Weise wie Feuchtigkeit und Wasserschäden auf einem Infrarotbild dargestellt werden.

So unterscheidet sich beispielsweise die Geschwindigkeit mit der diese Bauteile sich erhitzen bzw. auskühlen je nach Material und Tageszeit. Es ist daher wichtig, dass auch noch andere auch Methoden zum Nachweis von Feuchtigkeit und Wasserschäden herangezogen werden.

Abbildung

Das Bild unten zeigt einen großflächigen Wasserschaden an einer Außenwand, an der das Wasser die Außenfassade auf Grund eines unsachgemäß eingebauten Fensterrahmens durchdrungen hat.

10739503;a1



26.2 Defekter Steckdosenkontakt

Allgemein

Je nachdem, wie eine Steckdose angeschlossen ist, kann ein unsachgemäß angeschlossenes Kabel zu einem lokal begrenzten Temperaturanstieg führen. Dieser Temperaturanstieg wird durch die verkleinerte Kontaktfläche zwischen dem Anschlusspunkt des eingehenden Kabels und der Steckdose verursacht und kann zu einem Schmorbrand führen.

HINWEIS

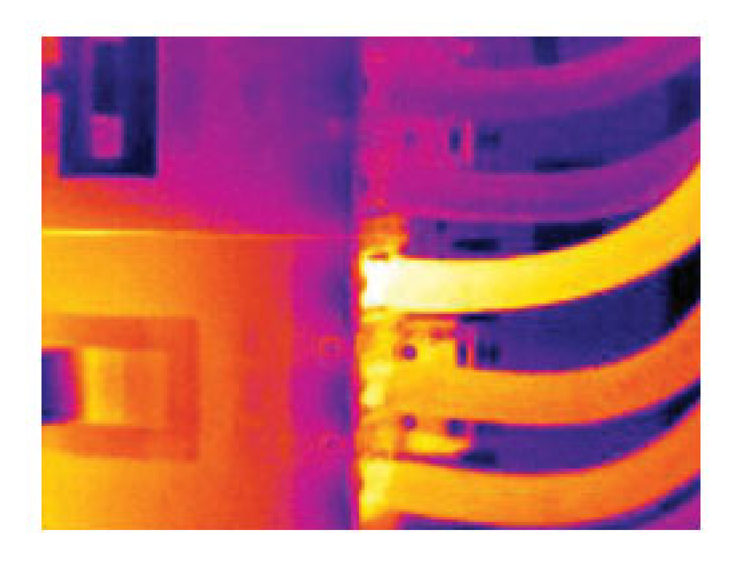
Der Aufbau einer Steckdose kann von Hersteller zu Hersteller stark variieren. Daher können unterschiedliche Defekte in einer Steckdose zum gleichen typischen Erscheinungsbild auf einem Infrarotbild führen.

Ein lokal begrenzter Temperaturanstieg kann auch durch einen fehlerhaften Kontakt zwischen Kabel und Steckdose oder durch Lastunterschiede hervorgerufen werden.

Abbildung

Das folgende Bild zeigt die Verbindung zwischen einem Kabel und einer Steckdose, an der ein fehlerhafter Kontakt zu einem lokal begrenzten Temperaturanstieg geführt hat.

10739603;a1



26.3 Oxidierte Steckdose

Allgemein

Je nach Art der Steckdose und der Umgebung, in der sie installiert ist, können die sich Oxide auf den Steckdosenkontakten ablagern. Die Oxidablagerungen können örtlich zu erhöhtem Widerstand führen, der auf einem Infrarotbild als lokaler Temperaturanstieg dargestellt wird.

HINWEIS

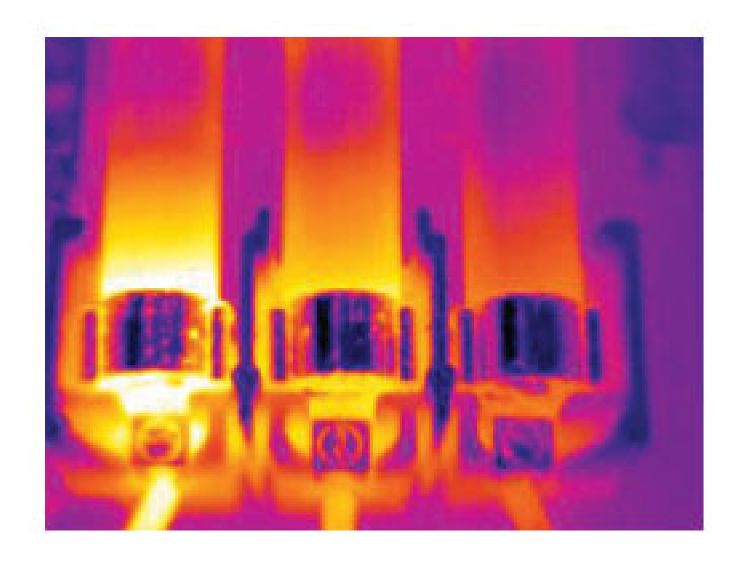
Der Aufbau einer Steckdose kann von Hersteller zu Hersteller stark variieren. Daher können unterschiedliche Defekte in einer Steckdose zum gleichen typischen Erscheinungsbild auf einem Infrarotbild führen.

Ein lokal begrenzter Temperaturanstieg kann auch durch einen fehlerhaften Kontakt zwischen einem Kabel und der Steckdose oder durch Lastunterschiede hervorgerufen werden.

Abbildung

Das Bild unten zeigt eine Reihe von Sicherungen. Eine dieser Sicherungen weist am Kontakt zur Fassung eine erhöhte Temperatur auf. Da die Fassung der Sicherung aus blankem Metall besteht, ist der Temperaturanstieg dort nicht sichtbar, an der Keramiksicherung selbst jedoch schon.

10739703;a1



26.4 Wärmedämmungsmängel

Allgemein

Mängel an der Wärmedämmung können entstehen, wenn sich das Dämmmaterial im Laufe der Zeit zusammenzieht, und dadurch die Hohlräume in den Wänden nicht mehr vollständig ausfüllt.

Mit Hilfe einer Infrarotkamera können Sie diese Mängel in der Wärmedämmung sichtbar machen, denn sie weisen entweder andere Wärmeleiteigenschaften als die Bereiche mit sachgemäß installierter Wärmedämmung auf, und/oder sie können den Bereich sichtbar machen, in dem Luft durch die Außenwände des Gebäudes dringt.

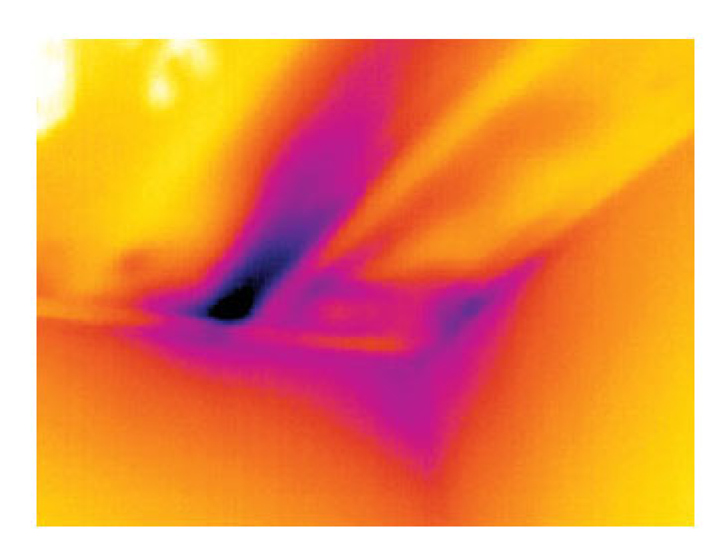
HINWEIS

Wenn Sie ein Gebäude untersuchen, sollte der Temperaturunterschied zwischen innen und außen mindestens 10 °C betragen. Bolzen, Wasserleitungen, Betonpfeiler und ähnliche Komponenten können auf einem Infrarotbild wie Mängel in der Wärmedämmung aussehen. Kleinere Unterschiede können auch durch das Material bedingt sein.

Abbildung

Im Bild unten ist die Wärmedämmung im Dachstuhl mangelhaft. Auf Grund der fehlenden Dämmung konnte Luft in die Dachkonstruktion eindringen. Dies wir dann mit anderen charakteristischen Merkmalen auf dem Infrarotbild dargestellt.

10739803;a1



26.5 Luftzug

Allgemein

Luftzug tritt unter Fußböden, um Tür- und Fensterrahmen herum und oberhalb von Zimmerdecken auf. Diese Art von Luftzug kann mit Hilfe einer Infrarotkamera meist als kühler Luftstrom dargestellt werden, der die umliegenden Oberflächen abkühlt.

HINWEIS

Wenn Sie Luftzugbewegungen in einem Haus untersuchen, sollte im Gebäude Unterdruck herrschen. Schließen Sie alle Türen, Fenster und Lüftungsschächte, und lassen Sie die Abzugshaube in der Küche eine Zeit lang laufen, bevor Sie die Infrarotbilder aufnehmen.

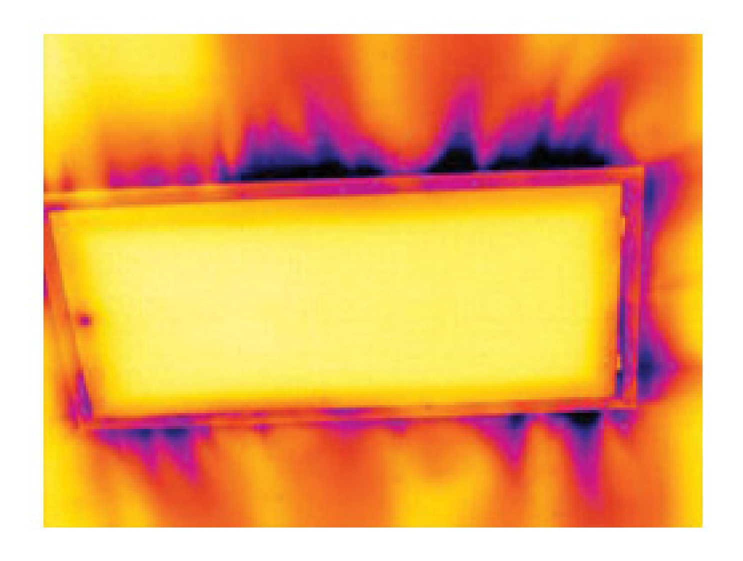
Infrarotbilder von Luftzug weisen häufig ein typisches Strömungsmuster auf. Sie können dieses Strömungsmuster in der Abbildung unten deutlich erkennen.

Bedenken Sie auch, dass Luftzug durch Fußbodenheizungen verschleiert werden kann.

Abbildung

Das Bild unten zeigt eine Dachluke, an der durch unsachgemäßen Einbau ein starker Luftzug entstanden ist.

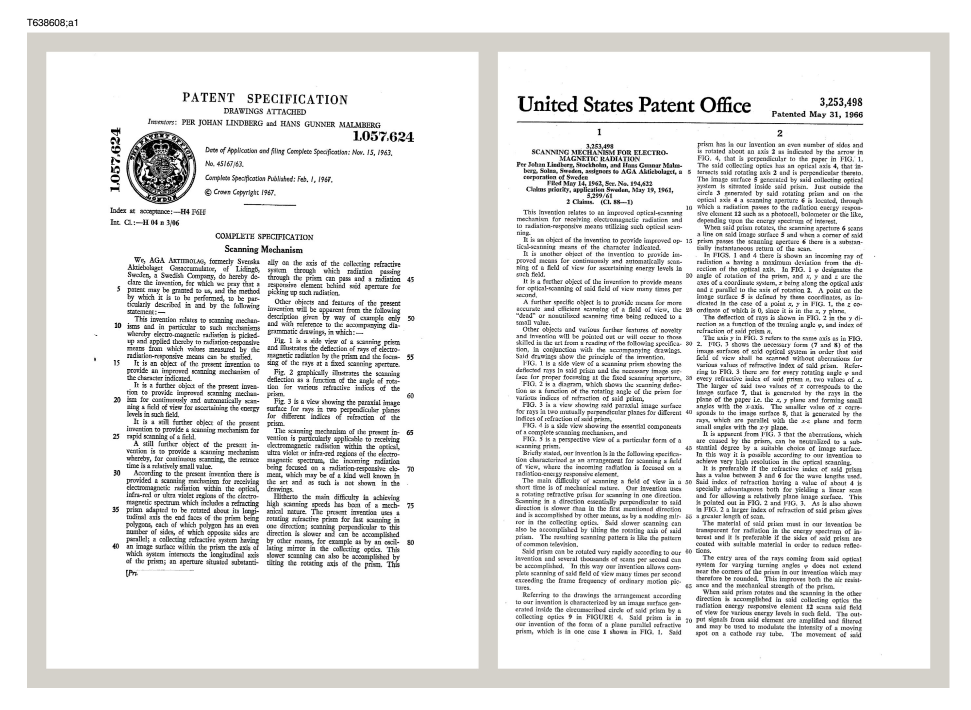
10739903;a1



27 Informationen zu FLIR Systems

1978 gegründet, hat FLIR Systems auf dem Gebiet der Hochleistungs-Infrarotbildsysteme Pionierarbeit geleistet und ist weltweit führend bei Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von Wärmebildsystemen für vielfältige Anwendungsbereiche in Handel und Industrie sowie für den Regierungssektor. Heute umfasst FLIR Systems fünf große Unternehmen, die seit 1958 herausragende Erfolge in der Infrarottechnologie verzeichnen: die schwedische AGEMA Infrared Systems (vormals AGA Infrared Systems), die drei US-amerikanischen Unternehmen Indigo Systems, FSI und Inframetrics sowie das französische Unternehmen Cedip. Extech Instruments wurde im November 2007 von FLIR Systems erworben.

T638608;a1



PATENT SPECIFICATION

DRAWINGS ATTACHED

Inventors: PER JOHAN LINDBERG and HANS GUNNER MALMBERG

1,057,624

1,057,624

THE PATENT OFFICE LONDON

Date of Application and filing Complete Specification: Nov. 15, 1963.

No. 45167/63.

Complete Specification Published: Feb. 1, 1967.

© Crown Copyright 1967.

Index at acceptance:—H4 F6H

Int. Cl.:—H 04 n 3/06

COMPLETE SPECIFICATION

Scanning Mechanism

We, AGA AKTIEBOLAG, formerly Svenska Aktiebolaget Gasaccumulator, of Lidingö, Sweden, a Swedish Company, do hereby declare the invention, for which we pray that a patent may be granted to us, and the method by which it is to be performed, to be particularly described in and by the following statement:—

This invention relates to scanning mechanisms and in particular to such mechanisms whereby electro-magnetic radiation is picked-up and applied thereby to radiation-responsive means from which values measured by the radiation-responsive means can be studied.

It is an object of the present invention to provide an improved scanning mechanism of the character indicated.

It is a further object of the present invention to provide improved scanning mechanism for continuously and automatically scanning a field of view for ascertaining the energy levels in such field.

It is a still further object of the present invention to provide a scanning mechanism for rapid scanning of a field.

A still further object of the present invention is to provide a scanning mechanism whereby, for continuous scanning, the retrace time is a relatively small value.

According to the present invention there is provided a scanning mechanism for receiving electromagnetic radiation within the optical, infra-red or ultra violet regions of the electromagnetic spectrum which includes a refracting prism adapted to be rotated about its longitudinal axis the end faces of the prism being polygons, each of which polygon has an even number of sides, of which opposite sides are parallel; a collecting refractive system having an image surface within the prism the axis of which system intersects the longitudinal axis of the prism; an aperture situated substantially on the axis of the collecting refractive system through which radiation passing through the prism can pass and a radiation responsive element behind said aperture for picking up such radiation.

Other objects and features of the present invention will be apparent from the following description given by way of example only and with reference to the accompanying diagrammatic drawings, in which:—

Fig. 1 is a side view of a scanning prism and illustrates the deflection of rays of electromagnetic radiation by the prism and the focussing of the rays at a fixed scanning aperture.

Fig. 2 graphically illustrates the scanning deflection as a function of the angle of rotation for various refractive indices of the prism.

Fig. 3 is a view showing the paraxial image surface for rays in two perpendicular planes for different indices of refraction of the prism.

The scanning mechanism of the present invention is particularly applicable to receiving electromagnetic radiation within the optical, ultra violet or infra-red regions of the electromagnetic spectrum, the incoming radiation being focused on a radiation-responsive element, which may be of a kind well known in the art and as such is not shown in the drawings.

Hitherto the main difficulty in achieving high scanning speeds has been of a mechanical nature. The present invention uses a rotating refractive prism for fast scanning in one direction; scanning perpendicular to this direction is slower and can be accomplished by other means, for example as by an oscillating mirror in the collecting optics. This slower scanning can also be accomplished by tilting the rotating axis of the prism. This

[Pri

United States Patent Office

3,253,498

Patented May 31, 1966

1

3,253,498
SCANNING MECHANISM FOR ELECTRO-MAGNETIC RADIATION
Per Johan Lindberg, Stockholm, and Hans Gunnar Malmberg, Solna, Sweden, assignors to AGA Aktiebolaget, a corporation of Sweden
Filed May 14, 1962, Ser. No. 194,622
Claims priority, application Sweden, May 19, 1961, 5,299/61
2 Claims. (Cl. 88—1)

This invention relates to an improved optical-scanning mechanism for receiving electromagnetic radiation and to radiation-responsive means utilizing such optical scanning.

It is an object of the invention to provide improved optical-scanning means of the character indicated.

It is another object of the invention to provide improved means for continuously and automatically scanning of a field of view for ascertaining energy levels in such field.

It is a further object of the invention to provide means for optical-scanning of said field of view many times per second.

A further specific object is to provide means for more accurate and efficient scanning of a field of view, the "dead" or nonutilized scanning time being reduced to a small value.

Other objects and various further features of novelty and invention will be pointed out or will occur to those skilled in the art from a reading of the following specification, in conjunction with the accompanying drawings. Said drawings show the principle of the invention.

FIG. 1 is a side view of a scanning prism showing the deflected rays in said prism and the necessary image surface for proper focussing at the fixed scanning aperture,

FIG. 2 is a diagram, which shows the scanning deflection as a function of the rotating angle of the prism for various indices of refraction of said prism,

FIG. 3 is a view showing said paraxial image surface for rays in two mutually perpendicular planes for different indices of refraction of said prism,

FIG. 4 is a side view showing the essential components of a complete scanning mechanism, and

FIG. 5 is a perspective view of a particular form of a scanning prism.

Briefly stated, our invention is in the following specification characterized as an arrangement for scanning a field of view, where the incoming radiation is focused on a radiation-energy responsive element.

The main difficulty of scanning a field of view in a short time is of mechanical nature. Our invention uses a rotating refractive prism for scanning in one direction. Scanning in a direction essentially perpendicular to said direction is slower than in the first mentioned direction and is accomplished by other means, as by a nodding mirror in the collecting optics. Said slower scanning can also be accomplished by tilting the rotating axis of said prism. The resulting scanning pattern is like the pattern of common television.

Said prism can be rotated very rapidly according to our invention and several thousands of scans per second can be accomplished. In this way our invention allows complete scanning of said field of view many times per second exceeding the frame frequency of ordinary motion pictures.

Referring to the drawings the arrangement according to our invention is characterized by an image surface generated inside the circumscribed circle of said prism by a collecting optics **9** in FIGURE 4. Said prism is in our invention of the form of a plane parallel refractive prism, which is in one case **1** shown in FIG. 1. Said

2

prism has in our invention an even number of sides and is rotated about an axis **2** as indicated by the arrow in FIG. 4, that is perpendicular to the paper in FIG. 1. The said collecting optics has an optical axis **4**, that intersects said rotating axis **2** and is perpendicular thereto. The image surface **5** generated by said collecting optical system is situated inside said prism. Just outside the circle **3** generated by said rotating prism and on the optical axis **4** a scanning aperture **6** is located, through which a radiation passes to the radiation energy responsive element **12** such as a photocell, bolometer or the like, depending upon the energy spectrum of interest.

When said prism rotates, the scanning aperture **6** scans a line on said image surface **5** and when a corner of said prism passes the scanning aperture **6** there is a substantially instantaneous return of the scan.

In FIGS. 1 and 4 there is shown an incoming ray of radiation α having a maximum deviation from the direction of the optical axis. In FIG. 1 φ designates the angle of rotation of the prism, and x, y and z are the axes of a coordinate system, x being along the optical axis and z parallel to the axis of rotation **2**. A point on the image surface **5** is defined by these coordinates, as indicated in the case of a point x, y in FIG. 1, the z coordinate of which is 0, since it is in the x, y plane.

The deflection of rays is shown in FIG. 2 in the y direction as a function of the turning angle φ, and index of refraction of said prism n.

The axis y in FIG. 3 refers to the same axis as in FIG. 2. FIG. 3 shows the necessary form (**7** and **8**) of the image surfaces of said optical system in order that said field of view shall be scanned without aberrations for various values of refractive index of said prism. Referring to FIG. 3 there are for every rotating angle φ and every refractive index of said prism n, two values of x. The larger of said two values of x corresponds to the image surface **7**, that is generated by the rays in the plane of the paper i.e. the x, y plane and forming small angles with the x-axis. The smaller value of x corresponds to the image surface **8**, that is generated by the rays, which are parallel with the x-z plane and form small angles with the x-y plane.

It is apparent from FIG. 3 that the aberrations, which are caused by the prism, can be neutralized to a substantial degree by a suitable choice of image surface. In this way it is possible according to our invention to achieve very high resolution in the optical scanning.

It is preferable if the refractive index of said prism has a value between **3** and **6** for the wave lengths used. Said index of refraction having a value of about **4** is specially advantageous both for yielding a linear scan and for allowing a relatively plane image surface. This is pointed out in FIG. 2 and FIG. 3. As is also shown in FIG. 2 a larger index of refraction of said prism gives a greater length of scan.

The material of said prism must in our invention be transparent for radiation in the energy spectrum of interest and it is preferable if the sides of said prism are coated with suitable material in order to reduce reflections.

The entry area of the rays coming from said optical system for varying turning angles φ does not extend near the corners of the prism in our invention which may therefore be rounded. This improves both the air resistance and the mechanical strength of the prism.

When said prism rotates and the scanning in the other direction is accomplished in said collecting optics the radiation energy responsive element **12** scans said field of view for various energy levels in such field. The output signals from said element are amplified and filtered and may be used to modulate the intensity of a moving spot on a cathode ray tube. The movement of said

Abbildung 27.1 Patentschriften aus den frühen 1960er Jahren

Das Unternehmen hat weltweit mehr als 140,000 Infrarotkameras für die verschiedensten Anwendungszwecke verkauft, wie beispielsweise für die vorbeugende Instandhaltung, F & E, zerstörungsfreie Prüfungen, Prozesskontrolle und Automatisierung u. v. m.

FLIR Systems besitzt drei Produktionsstätten in den USA (Portland, Boston und Santa Barbara) und eine in Schweden (Stockholm). Seit dem Jahr 2007 gibt es einen weiteren Produktionsstandort in Tallinn in Estland. Niederlassungen mit Direktvertrieb in Belgien, Brasilien, China, Frankreich, Deutschland, Großbritannien, Hongkong, Italien, Japan, Korea, Schweden und den USA sowie ein weltweites Netzwerk aus Vertretern und Vertriebshändlern sind Ansprechpartner für unsere Kunden aus aller Welt.

FLIR Systems übernimmt eine Vorreiterrolle bei der Entwicklung neuer Infrarottechnologien. Wir greifen der Marktnachfrage vor, indem wir vorhandene Kameras verbessern und neue entwickeln. Das Unternehmen hat bei Produktdesign und Entwicklung stets eine führende Rolle eingenommen, wie beispielsweise bei der Markteinführung der ersten batteriebetriebenen tragbaren Kamera für Industrieüberwachungen und der ersten Infrarotkamera ohne Kühlsystem.

10722703;a2





Abbildung 27.2 **LINKS:** Modell 661 der Thermovision® aus dem Jahr 1969. Die Kamera wog ca. 25 kg, das Oszilloskop 20 kg und das Stativ 15 kg. Für den Betrieb wurden darüber hinaus ein 220-Volt-Generator und ein 10-Liter-Gefäß mit flüssigem Stickstoff benötigt. Links neben dem Oszilloskop ist der Polaroid-Aufsatz (6 kg) zu erkennen. **RECHTS:** Die FLIR i7 aus dem Jahr 2009. Gewicht: 0,34 kg einschließlich Akku.

FLIR Systems stellt alle zentralen mechanischen und elektronischen Komponenten der Kamerasysteme selbst her. Von Design und Herstellung der Detektoren über Objektive und Systemelektronik bis hin zu Funktionstests und Kalibrierung werden alle Produktionsschritte von unseren Ingenieuren durchgeführt und überwacht. Die genauen Kenntnisse dieses Fachpersonals gewährleisten die Genauigkeit und Zuverlässigkeit aller zentraler Komponenten, aus denen Ihre Infrarotkamera besteht.

27.1 Mehr als nur eine Infrarotkamera

Wir von FLIR Systems haben erkannt, dass es nicht ausreicht, nur die besten Infrarotkameras herzustellen. Wir möchten allen Benutzern unserer Infrarotkameras ein produktiveres Arbeiten ermöglichen, indem wir leistungsfähige Kameras mit entsprechender Software kombinieren. Wir entwickeln Software, die genau auf die Bedürfnisse von F & E, vorbeugender Instandhaltung und Prozessüberwachung zugeschnitten ist. Ein Großteil der Software steht in mehreren Sprachen zur Verfügung.

Wir bieten für alle Infrarotkameras ein umfassendes Sortiment an Zubehörteilen, so dass Sie Ihre Ausrüstung auch an anspruchsvolle Einsätze anpassen können.

27.2 Weitere Informationen

Obwohl sich unsere Kameras durch hohe Benutzerfreundlichkeit auszeichnen, gehört zur Thermografie mehr als nur das Wissen, wie man eine Kamera bedient. Daher hat FLIR Systems das Infrared Training Center (ITC) gegründet, einen eigenständigen Geschäftsbereich, der zertifizierte Schulungen anbietet. Durch die Teilnahme an ITC-Kursen können Sie sich praxisorientiert weiterbilden.

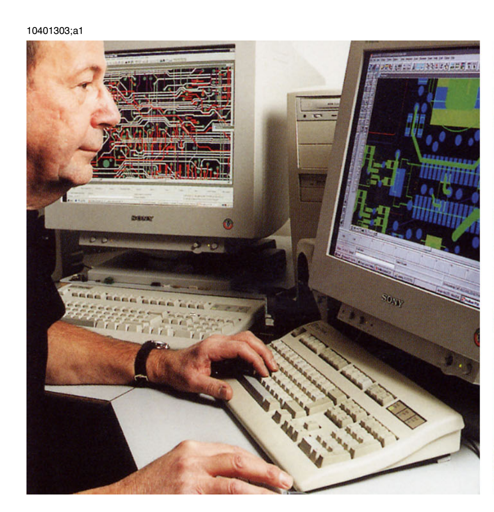
Die Mitglieder des ITC unterstützen Sie auch bei allen Fragen und Problemen, die beim Umsetzen der Theorie in die Praxis auftreten können.

27.3 Support für Kunden

FLIR Systems bietet ein weltweites Service-Netzwerk, um den unterbrechungsfreien Betrieb Ihrer Kamera zu gewährleisten. Bei Problemen mit Ihrer Kamera verfügen die lokalen Service-Zentren über die entsprechende Ausstattung und Erfahrung, um die Probleme innerhalb kürzester Zeit zu lösen. Sie müssen Ihre Kamera also nicht rund um den Globus schicken oder mit einem Mitarbeiter sprechen, der nicht Ihre Sprache spricht.

27.4 Bilder

10401303;a1



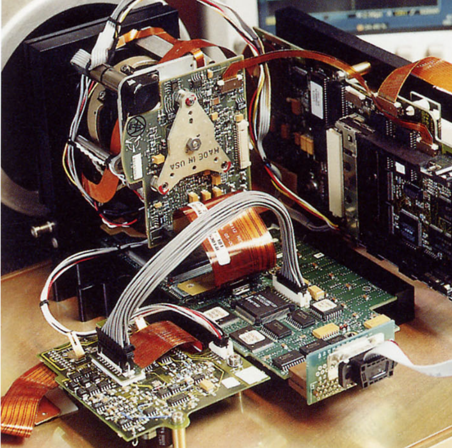


Abbildung 27.3 **LINKS:** Entwicklung der Systemelektronik **RECHTS:** FPA-Detektortest

10401403;a1





Abbildung 27.4 **LINKS:** Diamantdrehmaschine **RECHTS:** Schleifen eines Objektivs

Publ. No. T559651 Rev. a572 – GERMAN (DE) – November 7, 2011

10401503;a1





Abbildung 27.5 **LINKS:** Testen von Infrarotkameras in der Klimakammer; **RECHTS:** Roboter zum Testen und Kalibrieren von Kameras

28 Glossar

Begriff oder Ausdruck	Erläuterung
Absorption (Absorptionsgrad)	Das Verhältnis der von einem Objekt absorbierten Strahlung zur auftreffenden Strahlung. Eine Zahl zwischen 0 und 1.
Angenommene Transmission (geschätzte Transmission)	Ein von einem Benutzer angegebener Wert für die Transmission, der einen berechneten Wert ersetzt.
Atmosphäre	Die Gase, die sich zwischen dem Messobjekt und der Kamera befinden, in der Regel handelt es sich um Luft.
Auto. Farben	Das Infrarotbild zeigt eine unregelmäßige Farbverteilung an, mit der kalte und warme Objekte gleichzeitig angezeigt werden.
Automatische Einstellung	Eine Funktion, mit der die Kamera eine interne Bildkorrektur durchführt.
Berechnete Transmission	Ein aus der Temperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und dem Abstand zum Objekt errechneter Wert für die Transmission.
Bildkorrektur (intern/extern)	Eine Funktion zum Ausgleich der unterschiedlichen Empfindlichkeit in verschiedenen Teilen von Live-Bildern sowie zur Stabilisierung der Kamera.
Doppelisotherme	Eine Isotherme mit zwei Farbbändern an Stelle von einem.
Emission (Emissionsgrad)	Die von einem Objekt ausgehende Strahlung im Vergleich zu der eines Schwarzen Körpers. Eine Zahl zwischen 0 und 1.
Externe Optik	Zusätzliche Objektive, Filter, Wärmeschilde usw., die zwischen der Kamera und dem Messobjekt platziert werden können.
Farbtemperatur	Die Temperatur, bei der die Farbe eines Schwarzen Körpers einer bestimmten Farbe entspricht.
Filter	Material, das nur für bestimmte Infrarot-Wellenlängen durchlässig ist.
FPA	Focal Plane Array: Ein Infrarotdetektortyp.
Grauer Körper	Ein Objekt, das einen bestimmten Anteil der Energiemenge eines Schwarzen Körpers für jede Wellenlänge abgibt.
Hohlraumstrahler	Ein flaschenförmiger Strahler mit absorbierenden Innenwänden, der über den "Flaschenhals" einsehbar ist.
IFOV	Momentaner Sehwinkel: Ein Maß für die geometrische Auflösung einer Infrarotkamera.
Infrarot	Unsichtbare Strahlung mit einer Wellenlänge von 2 – 13 μm.
IR	Infrarot

Begriff oder Ausdruck	Erläuterung
Isotherme	Eine Funktion, mit der die Teile eines Bildes hervorgehoben werden, die über, unter oder zwischen einem oder mehreren Temperaturintervallen liegen.
Isothermer Hohlraum	Ein flaschenförmiger Strahler mit einheitlicher Temperatur, der über den "Flaschenhals" einsehbar ist.
Laser LocatIR	Eine elektrische Lichtquelle an der Kamera, die Laserstrahlung in Form eines dünnen, gebündelten Strahls abgibt, der auf bestimmte Teile des Messobjekts vor der Kamera gerichtet ist.
Laserpointer	Eine elektrische Lichtquelle an der Kamera, die Laserstrahlung in Form eines dünnen, gebündelten Strahls abgibt, der auf bestimmte Teile des Messobjekts vor der Kamera gerichtet ist.
Level	Der Zentralwert der Temperaturskala, wird in der Regel als Signalwert ausgedrückt.
Manuelle Einstellung	Eine Methode zur Anpassung des Bildes durch manuelles Ändern bestimmter Parameter.
Messbereich	Der aktuelle Temperaturmessbereich einer Infrarotkamera. Kameras können über mehrere Bereiche verfügen. Sie werden mit Hilfe von zwei Schwarzkörpertemperaturwerten angegeben, die als Grenzwerte für die aktuelle Kalibrierung dienen.
NETD	Rauschäquivalente Temperaturdifferenz. Ein Maß für das Bildrauschen einer Infrarotkamera.
Objektparameter	Eine Reihe von Werten, mit denen die Bedingungen, unter denen die Messungen durchgeführt werden, sowie das Messobjekt selbst beschrieben werden (z. B. Emission, reflektierte scheinbare Temperatur, Abstand).
Objektsignal	Ein unkalibrierter Wert, der sich auf die Strahlungsmenge bezieht, die die Kamera von dem Messobjekt empfängt.
Palette	Die zur Anzeige eines Infrarotbildes verwendeten Farben.
Pixel	Synonym für *Bildelement*. Ein einzelner Bildpunkt in einem Bild.
Rauschen	Unerwünschte geringfügige Störung im Infrarotbild.
Referenztemperatur	Eine Temperatur, mit der die regulären Messwerte verglichen werden können.
Reflexionsgrad (Reflexionsvermögen)	Das Verhältnis der von einem Objekt reflektierten Strahlung zur auftreffenden Strahlung. Eine Zahl zwischen 0 und 1.
Relative Luftfeuchtigkeit	Die relative Luftfeuchtigkeit ist das prozentuale Verhältnis zwischen der momentanen Wasserdampfmasse in der Luft und der maximalen Masse, die unter Sättigungsbedingungen enthalten sein kann.

Begriff oder Ausdruck	Erläuterung
Sättigungsfarbe	Bereiche, deren Temperaturen außerhalb der aktuellen Einstellungen für Level/Span liegen, werden mit den Sättigungsfarben dargestellt. Die Sättigungsfarben umfassen eine Farbe für die Überschreitung und eine für die Unterschreitung der Werte. Hinzu kommt eine dritte Sättigungsfarbe (Rot), die den gesamten Sättigungsbereich markiert und darauf hinweist, dass der Bereich wahrscheinlich geändert werden sollte.
Schwarzer Körper	Objekt mit einem Reflexionsgrad von Null. Jegliche Strahlung ist auf seine eigene Temperatur zurückzuführen.
Schwarzkörper-Strahler	Ein Infrarotstrahler mit den Eigenschaften eines Schwarzen Körpers, der zum Kalibrieren von Infrarotkameras eingesetzt wird.
Sichtfeld	Sehwinkel (Field of view): Der horizontale Betrachtungswinkel eines Infrarotobjektivs.
Span	Das Intervall der Temperaturskala, wird in der Regel als Signalwert ausgedrückt.
Spektrale spezifische Ausstrahlung	Von einem Objekt abgegebene Energiemenge bezogen auf Zeit, Fläche und Wellenlänge ($W/m^2/\mu m$).
Spezifische Ausstrahlung	Von einem Objekt abgegebene Energiemenge pro Zeit- und Flächeneinheit (W/m^2).
Strahler	Ein Infrarotstrahler.
Strahlung	Von einem Objekt abgegebene Energiemenge bezogen auf Zeit, Fläche und Raumwinkel ($W/m^2/sr$).
Strahlung	Vorgang, bei dem elektromagnetische Energie durch einen Festkörper oder ein Gas abgegeben wird.
Strahlungsfluss	Von einem Objekt abgegebene Energiemenge pro Zeiteinheit (W).
Stufenlose Anpassung	Eine Funktion, über die das Bild eingestellt wird. Diese Funktion passt die Helligkeit und den Kontrast fortlaufend dem Bildinhalt entsprechend an.
Tageslicht	Bezeichnet den Videomodus einer Infrarotkamera im Gegensatz zum normalen thermografischen Modus. Im Videomodus zeichnet die Kamera herkömmliche Videobilder auf, während sie im Infrarotmodus Wärmebilder aufzeichnet.
Temperaturdifferenz	Ein Wert, der durch die Subtraktion zweier Temperaturwerte berechnet wird.

Begriff oder Ausdruck	Erläuterung
Temperaturmessbereich	Der aktuelle Temperaturmessbereich einer Infrarotkamera. Kameras können über mehrere Bereiche verfügen. Sie werden mit Hilfe von zwei Schwarzkörpertemperaturwerten angegeben, die als Grenzwerte für die aktuelle Kalibrierung dienen.
Temperaturskala	Die aktuelle Anzeigeart eines Infrarotbildes. Wird mit Hilfe von zwei Temperaturwerten angegeben, die die Farben abgrenzen.
Thermogramm	Ein Infrarotbild.
Transmission (Transmissionsgrad)	Gase und Festkörper sind verschieden durchlässig. Die Transmission gibt die Menge der Infrarotstrahlung an, die sie durchlassen. Eine Zahl zwischen 0 und 1.
Transparente Isotherme	Eine Isotherme, bei der an Stelle der hervorgehobenen Teile des Bildes eine lineare Farbverteilung angezeigt wird.
Umgebung	Objekte und Gase, die Strahlung an das Messobjekt abgeben.
Wärmeleitung	Der Vorgang, bei dem sich Wärme in einem Material ausbreitet.
Wärmeübergang (Konvektion)	Konvektion ist ein Wärmeübergangsmodus, bei dem eine Flüssigkeit durch Gravität oder eine andere Kraft in Bewegung gebracht wird und so Wärme von einem Ort auf den anderen überträgt.

29 Thermografische Messtechniken

29.1 Einleitung

Eine Infrarotkamera misst die von einem Objekt abgegebene Infrarotstrahlung und bildet sie ab. Da die Infrarotstrahlung eine Funktion der Oberflächentemperatur eines Objekts ist, kann die Kamera diese Temperatur berechnen und darstellen.

Die von der Kamera gemessene Strahlung hängt jedoch nicht nur von der Temperatur des Objekts, sondern auch vom Emissionsgrad ab. Auch aus der Umgebung des Objekts stammt Strahlung, die im Objekt reflektiert wird. Die Strahlung des Objekts und die reflektierte Strahlung werden auch von der Absorption der Atmosphäre beeinflusst.

Um Temperaturen messen zu können, müssen die Auswirkungen verschiedener Strahlungsquellen kompensiert werden. Dies wird von der Kamera automatisch durchgeführt. Der Kamera müssen jedoch die folgenden Objektparameter übermittelt werden:

- Der Emissionsgrad des Objekts
- Die reflektierte scheinbare Temperatur
- Der Abstand zwischen Objekt und Kamera
- Die relative Luftfeuchtigkeit
- Die Atmosphärentemperatur

29.2 Emissionsgrad

Der Objektparameter, bei dem eine richtige Einstellung am wichtigsten ist, ist der Emissionsgrad. Dieser Wert gibt an, wie viel Strahlung das Objekt im Vergleich zu einem völlig schwarzen Objekt abgibt.

In der Regel gelten für Objektwerkstoffe und Oberflächenbeschichtungen Emissionsgrade von etwa 0,1 bis 0,95. Der Emissionsgrad einer hochpolierten Oberfläche (Spiegel) liegt unter 0,1, während eine oxidierte oder gestrichene Oberfläche einen höheren Emissionsgrad aufweist. Ölfarbe hat unabhängig von der Farbe im sichtbaren Spektrum im Infrarotbereich einen Emissionsgrad von über 0,9. Der Emissionsgrad der menschlichen Haut liegt zwischen 0,97 und 0,98.

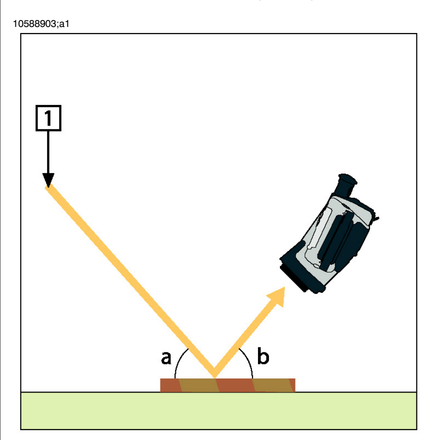
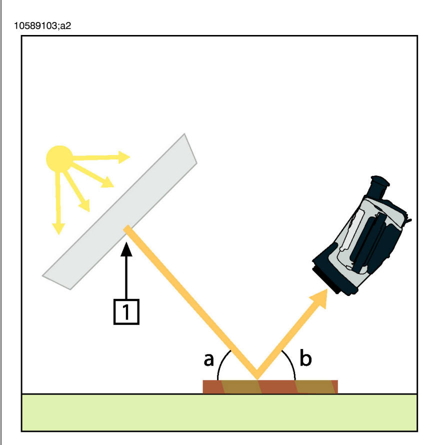
Nicht oxidierte Metalle stellen einen Extremfall für perfekte Opazität und hohe Reflexivität dar, die sich mit der Wellenlänge kaum verändert. Daher ist der Emissionsgrad von Metallen niedrig und steigt lediglich mit der Temperatur an. Bei Nichtmetallen ist der Emissionsgrad im Allgemeinen höher und nimmt mit sinkender Temperatur ab.

29.2.1 Ermitteln des Emissionsgrades eines Objekts

29.2.1.1 Schritt 1: Bestimmen der reflektierten Strahlungstemperatur

Die reflektierte scheinbare Temperatur können Sie mit einer der folgenden Methoden bestimmen:

29.2.1.1.1 Methode 1: Direkte Methode

1	Suchen Sie nach möglichen Reflektionsquellen und beachten Sie hierbei Folgendes: Einfallswinkel = Reflektionswinkel (a = b). 10588903;a1  **Abbildung 29.1** 1 = Reflektionsquelle
2	Wenn es sich bei der Reflektionsquelle um einen Punkt handelt, verdecken Sie sie mit einem Stück Karton. 10589103;a2  **Abbildung 29.2** 1 = Reflektionsquelle

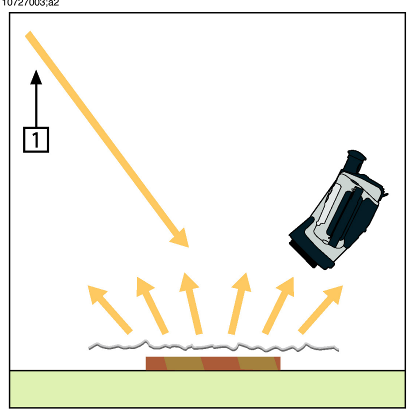
3	Messen Sie die Intensität der von der Reflektionsquelle ausgehenden Strahlung (= scheinbare Temperatur) unter Verwendung der folgenden Einstellungen: ■ Emissionsgrad: 1,0 ■ D_{obj}: 0 Sie können die Intensität der Strahlung mit einer der folgenden beiden Methoden ermitteln: 10589003;a2 **Abbildung 29.3** 1 = Reflektionsquelle

Hinweis: Von der Verwendung eines Thermoelements zur Ermittlung der reflektierten scheinbaren Temperatur wird abgeraten. Dies hat zwei wichtige Gründe:

- Ein Thermoelement misst nicht die Strahlungsintensität.
- Die Verwendung eines Thermoelements erfordert einen sehr guten thermischen Oberflächenkontakt. Dies wird in der Regel durch Kleben und Abdecken des Sensors mit einem thermischen Isolator erzielt.

29.2.1.1.2 Methode 2: Reflektormethode

1	Knüllen Sie ein großes Stück Aluminiumfolie zusammen.
2	Streichen Sie die Aluminiumfolie wieder glatt und befestigen Sie sie an einem Stück Karton mit derselben Größe.
3	Platzieren Sie den Karton vor dem Objekt, an dem Sie die Messung durchführen möchten. Die Seite, an der die Aluminiumfolie befestigt ist, muss zur Kamera zeigen.
4	Stellen Sie als Emissionsgrad 1,0 ein.

5	Messen Sie die scheinbare Temperatur der Aluminiumfolie und notieren Sie sie. 10727003;a2  **Abbildung 29.4** Messen der scheinbaren Temperatur der Aluminiumfolie

29.2.1.2 Schritt 2: Ermitteln des Emissionsgrades

1	Wählen Sie die Stelle aus, an der das Messobjekt platziert werden soll.
2	Ermitteln Sie die reflektierte Strahlungstemperatur und stellen Sie sie ein. Gehen Sie hierbei wie oben angegeben vor.
3	Kleben Sie ein Stück Isolierband mit bekanntem, hohem Emissionsgrad auf das Objekt.
4	Erwärmen Sie das Objekt auf mindestens 20 K über Raumtemperatur. Die Erwärmung muss gleichmäßig erfolgen.
5	Stellen Sie den Fokus ein, verwenden Sie die automatische Abgleichfunktion der Kamera und erzeugen Sie ein Standbild.
6	Stellen Sie **Level** und **Span** ein, um optimale Bildhelligkeit und Kontrast zu erzielen.
7	Stellen Sie den Emissionsgrad des Isolierbandes ein (in der Regel 0,97).
8	Messen Sie die Temperatur des Bandes mit Hilfe einer der folgenden Messfunktionen: ▪ **Isotherme** (Hiermit können Sie feststellen, wie hoch die Temperatur ist und wie gleichmäßig das Messobjekt erwärmt wurde.) ▪ **Messpunkt** (einfacher) ▪ **Rechteck Mitte** (besonders geeignet für Oberflächen mit variierendem Emissionsgrad).
9	Notieren Sie die Temperatur.
10	Verschieben Sie Ihre Messfunktion zur Objektoberfläche.
11	Ändern Sie die Emissionsgradeinstellung, bis Sie dieselbe Temperatur wie bei Ihrer letzten Messung ablesen.
12	Notieren Sie den Emissionsgrad.

Hinweis:

- Vermeiden Sie eine erzwungene Konvektion.
- Suchen Sie nach einer Umgebung mit stabiler Temperatur, in der keine punktförmigen Reflektionen entstehen können.
- Verwenden Sie hochwertiges, nicht transparentes Band mit einem bekannten, hohen Emissionsgrad.
- Bei dieser Methode wird davon ausgegangen, dass die Temperatur des Bandes und die der Objektoberfläche gleich sind. Ist dies nicht der Fall, liefert Ihre Emissionsgradmessung falsche Ergebnisse.

29.3 Reflektierte scheinbare Temperatur

Dieser Parameter dient als Ausgleich für die Strahlung, die im Objekt reflektiert wird. Wenn der Emissionsgrad niedrig ist und die Objekttemperatur sich relativ stark von der reflektierten Temperatur unterscheidet, muss die reflektierte scheinbare Temperatur unbedingt korrekt eingestellt und kompensiert werden.

29.4 Abstand

Der Abstand ist die Entfernung zwischen dem Objekt und der Vorderseite des Kameraobjektivs. Dieser Parameter dient zur Kompensation folgender Gegebenheiten:

- Die vom Messobjekt abgegebene Strahlung wird von der Atmosphäre zwischen Objekt und Kamera absorbiert.
- Die Atmosphärenstrahlung an sich wird von der Kamera erkannt.

29.5 Relative Luftfeuchtigkeit

Die Kamera kann auch die Tatsache kompensieren, dass die Übertragung zudem von der relativen Luftfeuchtigkeit der Atmosphäre abhängt. Dazu stellen Sie die relative Luftfeuchtigkeit auf den richtigen Wert ein. Für kurze Abstände und normale Luftfeuchtigkeit können Sie für die relative Luftfeuchtigkeit normalerweise den Standardwert von 50 % beibehalten.

29.6 Weitere Parameter

Darüber hinaus können Sie mit einigen Kameras und Analyseprogrammen von FLIR Systems folgende Parameter kompensieren:

- Atmosphärentemperatur, *d. h.* die Temperatur der Atmosphäre zwischen Kamera und Ziel.
- Temperatur externe Optik, *d. h.* die Temperatur der vor der Kamera verwendeten externen Objektive und Fenster.
- Transmission von externer Optik – *d. h.* die Übertragung von externen Objektiven oder Fenstern, die vor der Kamera verwendet werden.

30 Geschichte der Infrarot-Technologie

Vor nicht ganz 200 Jahren war der infrarote Teil des elektromagnetischen Spektrums noch gänzlich unbekannt. Die ursprüngliche Bedeutung des infraroten Spektrums, auch häufig als Infrarot bezeichnet, als Form der Wärmestrahlung war zur Zeit seiner Entdeckung durch Herschel im Jahr 1800 möglicherweise augenfälliger als heute.

10398703;a1

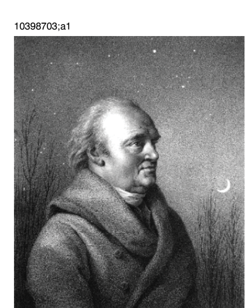


Abbildung 30.1 Sir William Herschel (1738 – 1822)

Die Entdeckung war ein Zufall während der Suche nach einem neuen optischen Material. Sir William Herschel, Hofastronom bei König Georg III von England und bereits auf Grund seiner Entdeckung des Planeten Uranus berühmt, suchte nach einem optischen Filtermaterial zur Reduzierung der Helligkeit des Sonnenabbilds in Teleskopen bei Beobachtungen der Sonne. Beim Testen verschiedener Proben aus farbigem Glas, bei denen die Reduzierung der Helligkeit ähnlich war, fand er heraus, dass einige Proben sehr wenig, andere allerdings so viel Sonnenwärme durchließen, dass er bereits nach wenigen Sekunden der Beobachtung eine Augenschädigung riskierte.

Sehr bald war Herschel von der Notwendigkeit eines systematischen Experiments überzeugt. Dabei setzte er sich das Ziel ein Material zu finden, mit dem sowohl die gewünschte Reduzierung der Helligkeit als auch die maximale Verringerung der Wärme erzielt werden konnte. Er begann sein Experiment mit der Wiederholung des Prismenexperiments von Newton, achtete dabei jedoch mehr auf den Wärmeeffekt als auf die visuelle Verteilung der Intensität im Spektrum. Zuerst färbte er die Spitze eines empfindlichen Quecksilberthermometers mit schwarzer Tinte und testete damit als Messeinrichtung die Erwärmung der verschiedenen Farben des Spektrums, die sich auf einem Tisch bildeten, indem Sonnenlicht durch ein Glasprisma geleitet wurde. Andere Thermometer, die sich außerhalb der Sonneneinstrahlung befanden, dienten zur Kontrolle.

Beim langsamen Bewegen des schwarz gefärbten Thermometers durch die Farben des Spektrums zeigte sich, dass die Temperatur von Violett nach Rot kontinuierlich anstieg. Dies war nicht ganz unerwartet, da der italienische Forscher Landriani in einem ähnlichen Experiment im Jahr 1777 den gleichen Effekt beobachtet hatte. Herschel erkannte jedoch als erster, dass es einen Punkt geben muss, an dem die Erwärmung einen Höhepunkt erreicht, und dass bei Messungen am sichtbaren Teil des Spektrums dieser Punkt nicht gefunden wurde.

10398903;a1



Abbildung 30.2 Marsilio Landriani (1746 – 1815)

Durch das Bewegen des Thermometers in den dunklen Bereich hinter dem roten Ende des Spektrums bestätigte Herschel, dass die Erwärmung weiter zunahm. Er fand den Punkt der maximalen Erwärmung schließlich weit hinter dem roten Bereich. Heute wird dieser Bereich "infrarote Wellenlänge" genannt.

Herschel bezeichnete diesen neuen Teil des elektromagnetischen Spektrums als "thermometrisches Spektrum". Die Abstrahlung selbst nannte er manchmal "dunkle Wärme" oder einfach "die unsichtbaren Strahlen". Entgegen der vorherrschenden Meinung stammt der Begriff "infrarot" nicht von Herschel. Dieser Begriff tauchte gedruckt etwa 75 Jahre später auf, und es ist immer noch unklar, wer ihn überhaupt einführte.

Die Verwendung von Glas in den Prismen bei Herschels ursprünglichem Experiment führte zu einigen kontroversen Diskussionen mit seinen Zeitgenossen über die tatsächliche Existenz der infraroten Wellenlängen. Bei dem Versuch, seine Arbeit zu bestätigen, verwendeten verschiedene Forscher wahllos unterschiedliche Glasarten, was zu unterschiedlichen Lichtdurchlässigkeiten im Infrarotbereich führte. Durch seine späteren Experimente war sich Herschel der begrenzten Lichtdurchlässigkeit von Glas bezüglich der neu entdeckten thermischen Abstrahlung bewusst und schloss daraus, dass optische Systeme, die den Infrarotbereich nutzen wollten, ausschließlich reflektive Elemente (d. h. ebene und gekrümmte Spiegel) verwenden konnten. Glücklicherweise galt dies nur bis 1830, als der italienische Forscher Melloni entdeckte, dass natürliches Steinsalz (NaCl), das in großen natürlichen Kristallen zur Verwendung

in Linsen und Prismen vorhanden war, äußerst durchlässig für den Infrarotbereich ist. Nach dieser Entdeckung wurde Steinsalz für die nächsten hundert Jahre das optische Hauptmaterial für Infrarot, bis in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts Kristalle synthetisch gezüchtet werden konnten.

10399103;a1



Abbildung 30.3 Macedonio Melloni (1798 – 1854)

Bis 1829 wurden ausschließlich Thermometer zum Messen der Abstrahlung verwendet. In diesem Jahr erfand Nobili das Thermoelement. (Das Thermometer von Herschel hatte einen Messbereich bis 0,2 °C (0,036 °F), spätere Modelle konnten bis 0,05 °C (0,09 °F) messen.) Melloni gelang ein Durchbruch, als er mehrere Thermoelemente in Serie schaltete und so die erste Thermosäule schuf. Das neue Gerät konnte Wärmeabstrahlung mindestens 40-mal empfindlicher messen als das beste zu dieser Zeit vorhandene Thermometer. So konnte es beispielsweise die Wärme einer drei Meter entfernten Person messen.

Das erste sogenannte "Wärmebild" wurde 1840 möglich, als Ergebnis der Arbeit von Sir John Herschel, Sohn des Entdeckers des Infrarotbereichs und selbst berühmter Astronom. Basierend auf der unterschiedlichen Verdampfung eines dünnen Ölfilms, wenn dieser einem Wärmemuster ausgesetzt wird, wurde das thermische Bild durch Licht, das sich auf dem Ölfilm unterschiedlich spiegelt, für das Auge sichtbar. Sir John gelang es auch, einen einfachen Abzug eines thermischen Bildes auf Papier zu erhalten, der "Thermograph" genannt wurde.

10399003;a2



Abbildung 30.4 Samuel P. Langley (1834 – 1906)

Nach und nach wurde die Empfindlichkeit der Infrarotdetektoren verbessert. Ein weiterer Durchbruch gelang Langley im Jahr 1880 mit der Erfindung des Bolometers. Es handelte sich dabei um einen dünnen geschwärzten Platinstreifen, der in einem Arm einer Wheatstone-Brückenschaltung angeschlossen war und der infraroten Strahlung ausgesetzt sowie an ein empfindliches Galvanometer gekoppelt wurde. Damit konnte angeblich die Wärme einer Kuh gemessen werden, die 400 Meter entfernt war.

Ein englischer Wissenschaftler, Sir James Dewar, war der Erste, der bei Forschungen mit niedrigen Temperaturen flüssige Gase als Kühlmittel verwendete (wie beispielsweise flüssigen Stickstoff mit einer Temperatur von -196 °C). 1892 erfand er einen einzigartigen isolierenden Vakuumbehälter, in dem flüssige Gase tagelang aufbewahrt werden konnten. Die herkömmliche Thermosflasche zur Aufbewahrung heißer und kalter Getränke beruht auf dieser Erfindung.

Zwischen 1900 und 1920 "entdeckten" die Erfinder in aller Welt den Infrarotbereich. Viele Geräte zum Erkennen von Personen, Artillerie, Flugzeugen, Schiffen und sogar Eisbergen wurden patentiert. Die ersten modernen Überwachungssysteme wurden im Ersten Weltkrieg entwickelt, als beide Seiten Programme zur Erforschung des militärischen Nutzens von Infrarotstrahlung durchführten. Dazu gehörten experimentelle Systeme in Bezug auf das Eindringen/Entdecken von Feinden, die Messung von Temperaturen über große Entfernungen, sichere Kommunikation und die Lenkung "fliegender Torpedos". Ein Infrarotsuchsystem, das in dieser Zeit getestet wurde, konnte ein Flugzeug im Anflug in einer Entfernung von 1,5 km oder eine Person, die mehr als 300 Meter entfernt war, erkennen.

Die empfindlichsten Systeme dieser Zeit beruhten alle auf Variationen der Bolometer-Idee. Zwischen den beiden Weltkriegen wurden jedoch zwei neue, revolutionäre Infrarotdetektoren entwickelt: der Bildwandler und der Photonendetektor. Zunächst schenkte das Militär dem Bildwandler die größte Aufmerksamkeit, da der Beobachter

mit diesem Gerät zum ersten Mal in der Geschichte im Dunkeln sehen konnte. Die Empfindlichkeit des Bildwandlers war jedoch auf die Nah-Infrarot-Wellenlängen beschränkt und die interessantesten militärischen Ziele (z. B. feindliche Soldaten) mussten mit Infrarot-Suchstrahlern ausgeleuchtet werden. Da hierbei das Risiko bestand, dass ein feindlicher Beobachter mit ähnlicher Ausrüstung die Position des Beobachters herausfand, schwand das militärische Interesse am Bildwandler.

Die taktischen militärischen Nachteile sogenannter aktiver (d. h. mit Suchstrahlern ausgestatteter) thermografischer Systeme gaben nach dem zweiten Weltkrieg den Anstoß zu umfangreichen geheimen Infrarot-Forschungsprogrammen des Militärs, wobei die Möglichkeiten "passiver" Systeme (ohne Suchstrahler) auf Grundlage des äußerst empfindlichen Photonendetektors erforscht wurden. In dieser Zeit wurde der Status der Infrarot-Technologie auf Grund von Geheimhaltungsvorschriften des Militärs nicht öffentlich bekannt gegeben. Erst Mitte der fünfziger Jahre wurde die Geheimhaltungspflicht gelockert und seitdem sind angemessene thermografische Geräte auch für die zivile Forschung und Industrie erhältlich.

31 Theorie der Thermografie

31.1 Einleitung

Das Gebiet der Infrarotstrahlung und die damit zusammenhängende Technik der Thermografie ist vielen Benutzern einer Infrarotkamera noch nicht vertraut. In diesem Abschnitt wird die der Thermografie zugrunde liegende Theorie behandelt.

31.2 Das elektromagnetische Spektrum

Das elektromagnetische Spektrum ist willkürlich in verschiedene Wellenlängenbereiche unterteilt, die als *Bänder* bezeichnet werden und sich jeweils durch die Methode zum Erzeugen und Messen von Strahlung unterscheiden. Es gibt keinen grundlegenden Unterschied zwischen der Strahlung in den verschiedenen Bändern des elektromagnetischen Spektrums. Für sie gelten dieselben Gesetze und die einzigen Unterschiede beruhen auf Unterschieden in der Wellenlänge.

10067803;a1

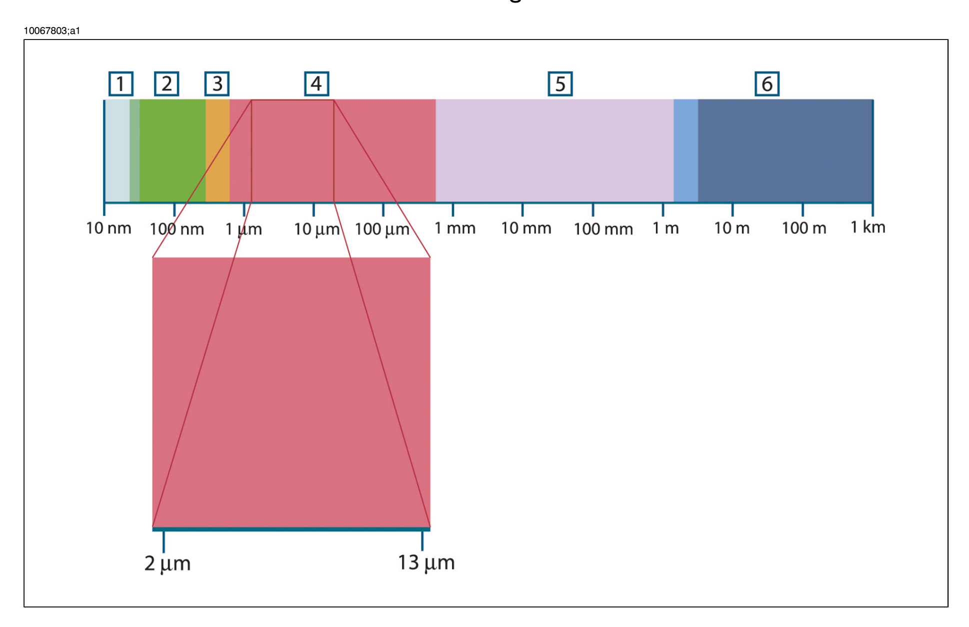


Abbildung 31.1 Das elektromagnetische Spektrum. **1:** Röntgenstrahlen; **2:** UV-Strahlung; **3:** Sichtbares Licht; **4:** IR-Strahlung; **5:** Mikrowellen; **6:** Radiowellen

Die Thermografie nutzt das Infrarotspektralband aus. Am kurzwelligen Ende des Spektrums grenzt sie an das sichtbare Licht, bei Dunkelrot. Am langwelligen Ende des Spektrums geht sie in die Mikrowellen (Millimeterbereich) über.

Das Infrarotband ist weiter untergliedert in vier kleinere Bänder, deren Grenzen ebenfalls willkürlich gewählt sind. Sie umfassen: das *nahe Infrarot (NIR)* (0,75 – 3 µm), das *mittlere Infrarot (MIR)* (3 – 6 µm), das *ferne Infrarot (FIR)* (6 – 15 µm) und das *extreme Infrarot* (15 – 100 µm). Zwar sind die Wellenlängen in µm (Mikrometern) angegeben, doch werden zum Messen der Wellenlänge in diesem Spektralbereich oft noch andere Einheiten verwendet, *z. B.* Nanometer (nm) und Ångström (Å).

Das Verhältnis zwischen den verschiedenen Wellenlängenmaßeinheiten lautet wie folgt:

$$10\ 000\ \text{Å} = 1\ 000\ \text{nm} = 1\ \mu = 1\ \mu\text{m}$$

31.3 Strahlung des schwarzen Körpers

Ein schwarzer Körper ist definiert als ein Objekt, das jegliche einfallende Strahlung aller Wellenlängen absorbiert. Die offensichtlich falsche Bezeichnung *schwarz* im Zusammenhang mit einem Objekt, das Strahlung aussendet, wird durch das kirchhoffsche Gesetz (nach *Gustav Robert Kirchhoff*, 1824 – 1887) erklärt, das besagt, dass ein Körper, der in der Lage ist, die gesamte Strahlung beliebiger Wellenlängen zu absorbieren, ebenso in der Lage ist, Strahlung abzugeben.

10398803;a1

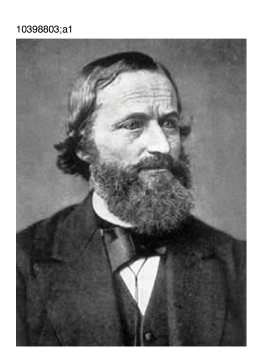


Abbildung 31.2 Gustav Robert Kirchhoff (1824 – 1887)

Der Aufbau eines schwarzen Körpers ist im Prinzip sehr einfach. Die Strahlungseigenschaften einer Öffnung in einem isothermen Behälter, die aus einem undurchsichtigen absorbierenden Material besteht, repräsentieren fast genau die Eigenschaften eines schwarzen Körpers. Eine praktische Anwendung des Prinzips auf die Konstruktion eines perfekten Strahlungsabsorbers besteht in einem Kasten, der mit Ausnahme einer Öffnung an einer Seite lichtundurchlässig ist. Jede Strahlung, die in das Loch gelangt, wird gestreut und durch wiederholte Reflexionen absorbiert, so dass nur ein unendlich kleiner Bruchteil entweichen kann. Die Schwärze, die an der Öffnung erzielt wird, entspricht fast einem schwarzen Körper und ist für alle Wellenlängen nahezu perfekt.

Durch Ergänzen eines solchen isothermen Behälters mit einer geeigneten Heizquelle erhält man einen so genannten *Hohlraumstrahler*. Ein auf eine gleichmäßige Temperatur aufgeheizter isothermer Kasten erzeugt die Strahlung eines schwarzen Körpers. Dessen Eigenschaften werden allein durch die Temperatur der Aushöhlung bestimmt. Solche Hohlraumstrahler werden gemeinhin als Strahlungsquellen in Temperaturreferenzstandards in Labors zur Kalibrierung thermografischer Instrumente, z. B. der FLIR Systems-Kamera, verwendet.

Wenn die Temperatur der Strahlung des schwarzen Körpers auf über 525 °C steigt, wird die Quelle langsam sichtbar, so dass sie für das Auge nicht mehr schwarz erscheint. Dies ist die beginnende Rottemperatur der Strahlungsquelle, die dann bei weiterer Temperaturerhöhung orange oder gelb wird. Tatsächlich ist die sogenannte *Farbtemperatur* eines Objekts als die Temperatur definiert, auf die ein schwarzer Körper erhitzt werden müsste, um dasselbe Aussehen zu erzeugen.

Im Folgenden finden Sie drei Ausdrücke, mit denen die von einem schwarzen Körper abgegebene Strahlung beschrieben wird.

31.3.1 Plancksches Gesetz

10399203;a1



Abbildung 31.3 Max Planck (1858 – 1947)

Max Planck (1858 – 1947) konnte die spektrale Verteilung der Strahlung eines schwarzen Körpers mit Hilfe der folgenden Formel darstellen:

$$W_{\lambda b} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left(e^{hc/\lambda kT} - 1\right)} \times 10^{-6} [Watt\,/\,m^2, \mu m]$$

Es gilt:

$W_{\lambda b}$	Spektrale Abstrahlung des schwarzen Körpers bei Wellenlänge λ

c	Lichtgeschwindigkeit = 3 × 10^8 m/s
h	Plancksche Konstante = 6,6 × 10^{-34} Joule Sek
k	Boltzmannsche Konstante = 1,4 × 10^{-23} Joule/K
T	Absolute Temperatur (K) eines schwarzen Körpers
λ	Wellenlänge (µm)

➲ Der Faktor 10^{-6} wird verwendet, da die Spektralstrahlung in den Kurven in Watt/m^2, µm angegeben wird.

Die plancksche Formel erzeugt eine Reihe von Kurven, wenn sie für verschiedene Temperaturen dargestellt wird. Auf jeder planckschen Kurve ist die Spektralstrahlung Null bei $\lambda = 0$ und steigt dann bei einer Wellenlänge von λ_{max} rasch auf ein Maximum an und nähert sich nach Überschreiten bei sehr langen Wellenlängen wieder Null an. Je höher die Temperatur, desto kürzer ist die Wellenlänge, bei der das Maximum auftritt.

10327103;a4

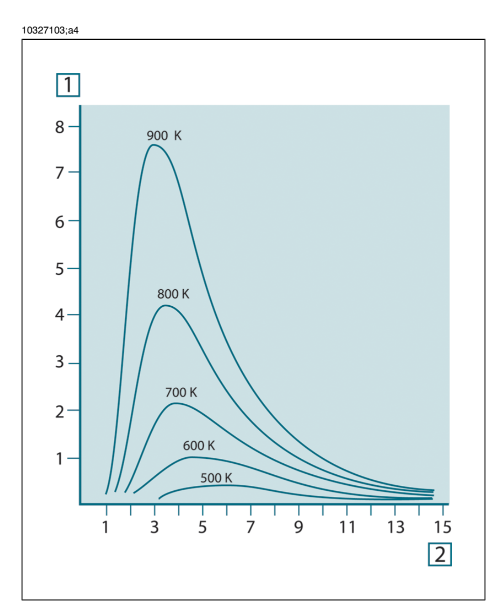


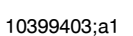
Abbildung 31.4 Die spektrale Abstrahlung eines schwarzen Körpers gemäß dem planckschen Gesetz, für verschiedene absolute Temperaturen dargestellt. **1:** Spektrale Abstrahlung (W/cm^2 × 10^3(µm)); **2:** Wellenlänge (µm)

31.3.2 Wiensches Verschiebungsgesetz

Durch Ableitung der planckschen Formel nach λ und Ermittlung des Maximums erhalten wir:

$$\lambda_{\max} = \frac{2898}{T}[\mu m]$$

Dies ist die wiensche Funktion (benannt nach *Wilhelm Wien*, 1864 – 1928), die mathematisch darstellt, dass mit zunehmender Temperatur des thermischen Strahlers die Farben von Rot in Orange oder Gelb übergehen. Die Wellenlänge der Farbe ist identisch mit der für λ_{max} berechneten Wellenlänge. Eine gute Näherung für den Wert von λ_{max} für einen gegebenen schwarzen Körper wird erzielt, indem die Faustregel 3000/T µm angewendet wird. So strahlt ein sehr heißer Stern, z. B. Sirius (11000 K), der bläulich weißes Licht abgibt, mit einem Spitzenwert der spektralen Abstrahlung, die innerhalb des unsichtbaren ultravioletten Spektrums bei der Wellenlänge 0,27 µm auftritt.



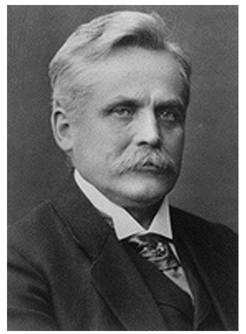


Abbildung 31.5 Wilhelm Wien (1864 – 1928)

Die Sonne (ca. 6000 K) strahlt gelbes Licht aus. Der Spitzenwert liegt in der Mitte des sichtbaren Lichtspektrums bei etwa 0,5 µm.

Bei Raumtemperatur (300 K) liegt der Spitzenwert der Abstrahlung bei 9,7 µm im fernen Infrarotbereich, während bei der Temperatur von flüssigem Stickstoff (77 K) das Maximum einer beinahe zu vernachlässigenden Abstrahlung bei 38 µm liegt – extreme Infrarot-Wellenlängen.

10327203;a4

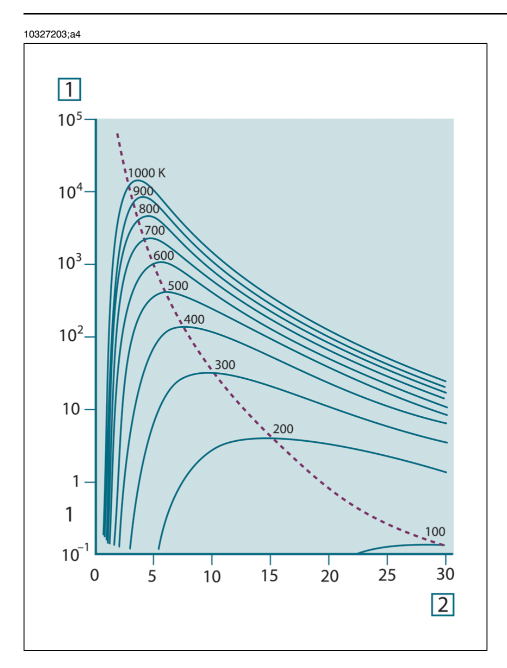


Abbildung 31.6 Plancksche Kurven auf halb-logarithmischen Skalen von 100 K bis 1000 K. Die gepunktete Linie stellt den Ort der maximalen Abstrahlung bei den einzelnen Temperaturen dar, wie sie vom wienschen Verschiebungsgesetz beschrieben wird. **1:** Spektrale Abstrahlung (W/cm^2 (µm)); **2:** Wellenlänge (µm).

31.3.3 Stefan-Boltzmann-Gesetz

Durch Integration der planckschen Funktion von λ = 0 bis λ = ∞ erhält man die gesamte abgegebene Strahlung eines schwarzen Körpers (W_b):

$$W_b = \sigma T^4 \ [\mathrm{Watt/m^2}]$$

Das Stefan-Boltzmann-Gesetz (nach *Josef Stefan*, 1835 – 1893, und *Ludwig Boltzmann*, 1844 – 1906) besagt, dass die gesamte emittierte Energie eines schwarzen Körpers proportional zur vierten Potenz seiner absoluten Temperatur steigt. Grafisch stellt W_b die Fläche unterhalb der planckschen Kurve für eine bestimmte Temperatur dar. Die emittierte Strahlung im Intervall λ = 0 bis λ_{max} beträgt demnach nur 25 % der Gesamtstrahlung. Dies entspricht etwa der Strahlung der Sonne, die innerhalb des sichtbaren Spektralbereichs liegt.

10399303;a1




Abbildung 31.7 Josef Stefan (1835 – 1893) und Ludwig Boltzmann (1844 – 1906)

Wenn wir die Stefan-Boltzmann-Formel zur Berechnung der von einem menschlichen Körper ausgestrahlten Leistung bei einer Temperatur von 300 K und einer externen Oberfläche von ca. 2 m^2 verwenden, erhalten wir 1 kW. Dieser Leistungsverlust ist nur erträglich auf Grund von kompensierender Absorption der Strahlung durch Umgebungsflächen, von Raumtemperaturen, die nicht zu sehr von der Körpertemperatur abweichen, oder natürlich durch Tragen von Kleidung.

31.3.4 Nicht-schwarze Körper als Strahlungsquellen

Bisher wurden nur schwarze Körper als Strahlungsquellen und die Strahlung schwarzer Körper behandelt. Reale Objekte erfüllen diese Gesetze selten über einen größeren Wellenlängenbereich, obwohl sie sich in bestimmten Spektralbereichen dem Verhalten der schwarzen Körper annähern mögen. So erscheint beispielsweise eine bestimmte Sorte von weißer Farbe im sichtbaren Bereich perfekt *weiß*, wird jedoch bei 2 µm deutlich *grau* und ab 3 µm sieht sie fast *schwarz* aus.

Es gibt drei Situationen, die verhindern können, dass sich ein reales Objekt wie ein schwarzer Körper verhält: Ein Bruchteil der auftretenden Strahlung α wird absorbiert, ein Bruchteil von ρ wird reflektiert und ein Bruchteil von τ wird übertragen. Da alle diese Faktoren mehr oder weniger abhängig von der Wellenlänge sind, wird der Index λ verwendet, um auf die spektrale Abhängigkeit ihrer Definitionen hinzuweisen. Daher gilt:

- Die spektrale Absorptionsfähigkeit α_λ = Verhältnis der spektralen Strahlungsleistung, die von einem Objekt absorbiert wird, zum Strahlungseinfall.
- Die spektrale Reflektionsfähigkeit ρ_λ = Verhältnis der spektralen Strahlungsleistung, die von einem Objekt reflektiert wird, zum Strahlungseinfall.
- Der spektrale Transmissionsgrad τ_λ = Verhältnis der spektralen Strahlungsleistung, die durch ein Objekt übertragen wird, zum Strahlungseinfall.

Die Summe dieser drei Faktoren muss für jede Wellenlänge immer den Gesamtwert ergeben. Daher gilt folgende Beziehung:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda + \tau_\lambda = 1$$

Für undurchsichtige Materialien ist $\tau_\lambda = 0$. Die Beziehung vereinfacht sich zu:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

Ein weiterer Faktor, Emissionsgrad genannt, ist zur Beschreibung des Bruchteils ε der Abstrahlung eines schwarzen Körpers, die von einem Objekt bei einer bestimmten Temperatur erzeugt wird, erforderlich. So gilt folgende Definition:

Der spektrale Emissionsgrad ε_λ = Verhältnis der spektralen Strahlungsleistung eines Objekts zu der spektralen Strahlungsleistung eines schwarzen Körpers mit derselben Temperatur und Wellenlänge.

Mathematisch ausgedrückt kann dies als Verhältnis der spektralen Strahlungsleistung des Objekts zur spektralen Strahlungsleistung eines schwarzen Körpers wie folgt beschrieben werden:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{W_{\lambda o}}{W_{\lambda b}}$$

Generell gibt es drei Arten von Strahlungsquellen, die sich darin unterscheiden, wie sich die Spektralstrahlung jeder einzelnen mit der Wellenlänge ändert.

- Ein schwarzer Körper, für den gilt: $\varepsilon_\lambda = \varepsilon = 1$
- Ein grauer Körper, für den gilt: $\varepsilon_\lambda = \varepsilon$ = Konstante kleiner 1
- Ein selektiver Strahler, bei dem ε sich mit der Wellenlänge ändert

Nach dem kirchhoffschen Gesetz entsprechen für alle Werkstoffe die emittierte Strahlung und die spektrale Absorptionsfähigkeit eines Körpers einer bestimmten Temperatur und Wellenlänge. Das bedeutet:

$$\varepsilon_\lambda = \alpha_\lambda$$

Daraus erhalten wir für ein undurchsichtiges Material (da $\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$):

$$\varepsilon_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

Für extrem glatte Werkstoffe nähert sich ε_λ Null an, so dass für einen vollkommen reflektierenden Werkstoff (*d. h.* einen perfekten Spiegel) gilt:

$$\rho_\lambda = 1$$

Für einen grauen Körper als Strahlungsquelle wird die Stefan-Boltzmann-Formel zu:

$$W = \varepsilon\sigma T^4 \ [\mathrm{Watt/m^2}]$$

Dies sagt aus, dass die gesamte Strahlungsleistung eines grauen Körpers dieselbe ist wie bei einem schwarzen Körper gleicher Temperatur, der proportional zum Wert von ε des grauen Körpers reduziert ist.

10401203;a2

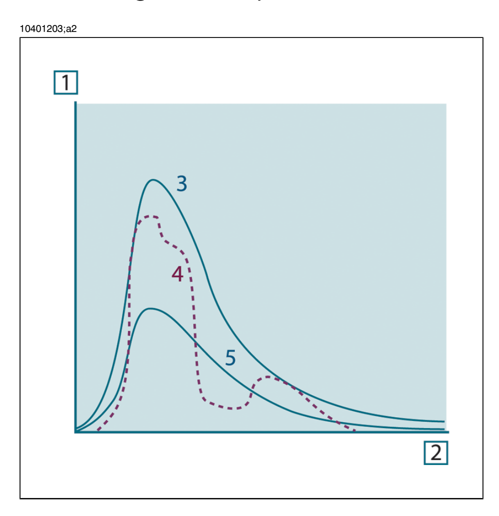


Abbildung 31.8 Spektrale Abstrahlung von drei Strahlertypen **1:** Spektrale Abstrahlung; **2:** Wellenlänge; **3:** Schwarzer Körper; **4:** Selektiver Strahler; **5:** Grauer Körper

10327303;a4

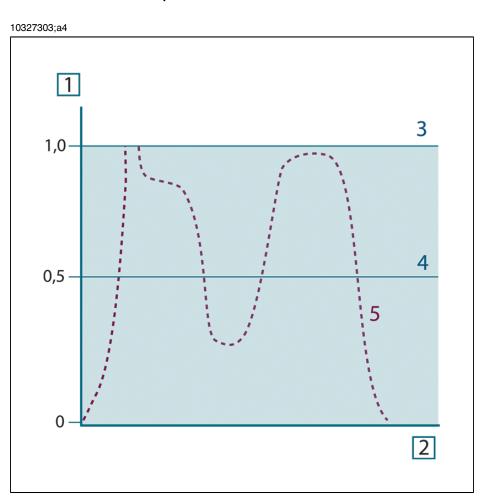


Abbildung 31.9 Spektraler Emissionsgrad von drei Strahlertypen **1:** Spektraler Emissionsgrad; **2:** Wellenlänge; **3:** Schwarzer Körper; **4:** Grauer Körper; **5:** Selektiver Strahler

31.4 Halb-transparente Infrarotmaterialien

Stellen Sie sich jetzt einen nicht-metallischen, halb-transparenten Körper vor, z. B. in Form einer dicken, flachen Scheibe aus Kunststoff. Wenn die Scheibe erhitzt wird, muss sich die in dem Körper erzeugte Strahlung durch den Werkstoff, in dem sie teilweise absorbiert wird, an die Oberflächen durcharbeiten. Wenn sie an der Oberfläche eintrifft, wird außerdem ein Teil davon in das Innere zurückreflektiert. Die zurückreflektierte Strahlung wird wiederum teilweise absorbiert, ein Teil davon gelangt jedoch zur anderen Oberfläche, durch die der größte Anteil entweicht; ein Teil davon wird wieder zurückreflektiert. Obwohl die nachfolgenden Reflexionen immer schwächer werden, müssen sie alle addiert werden, wenn die Gesamtstrahlung der Scheibe ermittelt werden soll. Wenn die resultierende geometrische Reihe summiert wird, ergibt sich der effektive Emissionsgrad einer halb-transparenten Scheibe als:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{(1-\rho_\lambda)(1-\tau_\lambda)}{1-\rho_\lambda\tau_\lambda}$$

Wenn die Scheibe undurchsichtig wird, reduziert sich diese Formel auf die einzelne Formel:

$$\varepsilon_\lambda = 1-\rho_\lambda$$

Diese letzte Beziehung ist besonders praktisch, da es oft einfacher ist, die Reflexionsfähigkeit zu messen, anstatt den Emissionsgrad direkt zu messen.

32 Die Messformel

Wie bereits erwähnt empfängt die Kamera beim Betrachten eines Objekts nicht nur die Strahlung vom Objekt selbst. Sie nimmt auch die Strahlung aus der Umgebung auf, die von der Objektoberfläche reflektiert wird. Beide Strahlungsanteile werden bis zu einem gewissen Grad durch die Atmosphäre im Messpfad abgeschwächt. Dazu kommt ein dritter Strahlungsanteil von der Atmosphäre selbst.

Diese Beschreibung der Messsituation, wie in der folgenden Abbildung dargestellt, ist eine recht genaue Erläuterung der tatsächlichen Bedingungen. Vernachlässigt wurden wahrscheinlich die Streuung des Sonnenlichts in der Atmosphäre oder die Streustrahlung von starken Strahlungsquellen außerhalb des Betrachtungsfeldes. Solche Störungen sind schwer zu quantifizieren, in den meisten Fällen jedoch glücklicherweise so gering, dass sie vernachlässigbar sind. Ist dies nicht der Fall, ist die Messkonfiguration wahrscheinlich so ausgelegt, dass zumindest ein erfahrener Bediener das Störungsrisiko erkennen kann. Dann liegt es in seiner Verantwortung, die Messsituation so zu ändern, dass Störungen vermieden werden, z. B. durch Ändern der Betrachtungsrichtung, Abschirmen starker Strahlungsquellen usw.

Unter Berücksichtigung der obigen Beschreibung kann mit Hilfe der nachfolgenden Abbildung eine Formel zur Berechnung der Objekttemperatur über das Ausganggsignal der kalibrierten Kamera abgeleitet werden.

10400503;a1

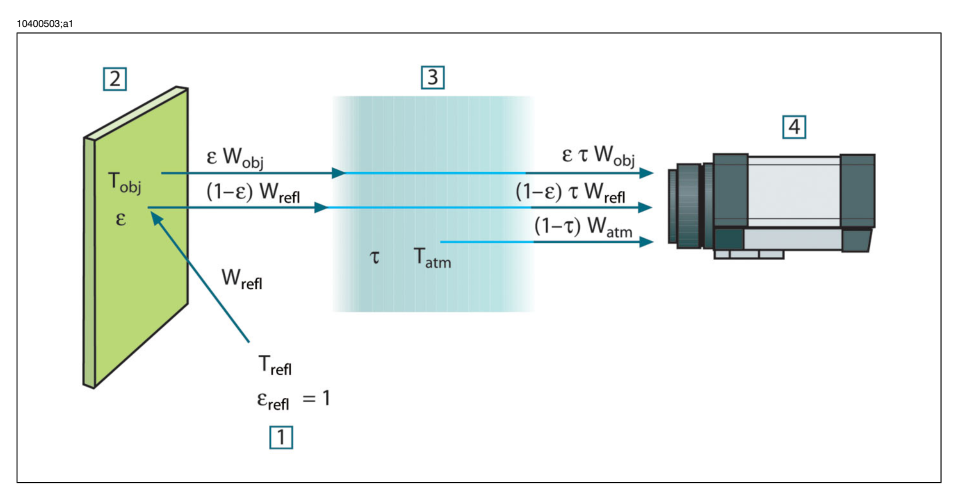


Abbildung 32.1 Schematische Darstellung der allgemeinen thermografischen Messsituation **1:** Umgebung; **2:** Objekt; **3:** Atmosphäre; **4:** Kamera

Wir gehen davon aus, dass die empfangene Strahlungsleistung W von einem Schwarzkörper als Temperaturquelle T_{source} bei einer kurzen Entfernung ein Ausgabesignal U_{source} der Kamera erzeugt, das proportional zum Leistungseingang ist (Kamera mit linearer Leistung). Daraus ergibt sich (Gleichung 1):

$$U_{source} = CW(T_{source})$$

oder einfacher ausgedrückt:

$$U_{source} = CW_{source}$$

wobei C eine Konstante ist.

Handelt es sich um einen Graukörper mit der Abstrahlung ε, ist die empfangene Strahlung folglich εW_{source}.

Jetzt können wir die drei gesammelten Größen zur Strahlungsleistung notieren:

1 – Emission von Objekt = $\varepsilon\tau W_{obj}$, wobei ε die Abstrahlung des Objekts und τ die Transmission der Atmosphäre ist. Die Objekttemperatur ist T_{obj}.

2 – Reflektierte Emission von Umgebungsquellen = $(1 - \varepsilon)\tau W_{refl}$, wobei (1 – ε) die Reflektion des Objekts ist. Die Umgebungsquellen haben die Temperatur T_{refl}.

Hier wurde davon ausgegangen, dass die Temperatur T_{refl} für alle emittierenden Oberflächen innerhalb der Halbsphäre, die von einem Punkt auf der Objektoberfläche betrachtet wird, gleich ist. Dies ist in einigen Fällen natürlich eine Vereinfachung der tatsächlichen Situation. Diese ist jedoch notwendig, damit eine praktikable Formel abgeleitet werden kann. T_{refl} kann – zumindest theoretisch – ein Wert zugewiesen werden, der eine effiziente Temperatur einer komplexen Umgebung darstellt.

Als Abstrahlung für die Umgebung wurde der Wert 1 angenommen. Dies ist in Übereinstimmung mit dem kirchhoffschen Gesetz richtig: Die gesamte Strahlung, die auf die umgebenden Oberflächen auftritt, wird schließlich von diesen absorbiert. Daher ist die Abstrahlung = 1. (Es ist zu beachten, dass entsprechend neuester Erkenntnisse die gesamte Sphäre um das betreffende Objekt beachtet werden muss.)

3 – Emission von Atmosphäre = $(1 - \tau)\tau W_{atm}$, wobei (1 – τ) die Abstrahlung der Atmosphäre ist. Die Temperatur der Atmosphäre ist T_{atm}.

Die gesamte empfangene Strahlungsleistung kann nun notiert werden (Gleichung 2):

$$W_{tot} = \varepsilon\tau W_{obj} + (1-\varepsilon)\tau W_{refl} + (1-\tau)W_{atm}$$

Wir multiplizieren jeden Ausdruck mit der Konstante C aus Gleichung 1 und ersetzen die Produkte aus CW durch das entsprechende U gemäß derselben Gleichung und erhalten (Gleichung 3):

$$U_{tot} = \varepsilon\tau U_{obj} + (1-\varepsilon)\tau U_{refl} + (1-\tau)U_{atm}$$

Gleichung 3 wird nach U_{obj} aufgelöst (Gleichung 4):

$$U_{obj} = \frac{1}{\varepsilon\tau}U_{tot} - \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}U_{refl} - \frac{1-\tau}{\varepsilon\tau}U_{atm}$$

Dies ist die allgemeine Messformel, die in allen thermografischen Geräten von FLIR Systems verwendet wird. Die Spannungen der Formel lauten:

Abbildung 32.2 Spannungen

U_{obj}	Berechnete Ausgabespannung der Kamera für einen Schwarzkörper der Temperatur T_{obj}, also eine Spannung, die sofort in die tatsächliche Temperatur des betreffenden Objekts umgewandelt werden kann.
U_{tot}	Gemessene Ausgabespannung der Kamera für den tatsächlichen Fall.
U_{refl}	Theoretische Ausgabespannung der Kamera für einen Schwarzkörper der Temperatur T_{refl} entsprechend der Kalibrierung.
U_{atm}	Theoretische Ausgabespannung der Kamera für einen Schwarzkörper der Temperatur T_{atm} entsprechend der Kalibrierung.

Der Bediener muss mehrere Parameterwerte für die Berechnung liefern:

- die Objektabstrahlung ε,
- die relative Luftfeuchtigkeit,
- T_{atm}
- Objektentfernung (D_{obj})
- die (effektive) Temperatur der Objektumgebung oder die reflektierte Umgebungstemperatur T_{refl} und
- die Temperatur der Atmosphäre T_{atm}

Diese Aufgabe ist für den Bediener oft schwierig, da normalerweise die genauen Werte für die Abstrahlung und die Transmission der Atmosphäre für den tatsächlichen Fall nur schwer zu ermitteln sind. Die zwei Temperaturen sind für gewöhnlich ein geringeres Problem, wenn in der Umgebung keine großen und intensiven Strahlungsquellen vorhanden sind.

Eine natürliche Frage in diesem Zusammenhang ist: Wie wichtig ist die Kenntnis der richtigen Werte dieser Parameter? Es kann hilfreich sein, bereits an dieser Stelle ein Gefühl für diese Problematik zu entwickeln, indem verschiedene Messfälle betrachtet und die relativen Größen der drei Strahlungsgrößen verglichen werden. Daraus lässt sich ersehen, wann es wichtig ist, die richtigen Werte bestimmter Parameter zu verwenden.

Die folgenden Zahlen stellen die relativen Größen der drei Strahlungsanteile für drei verschiedene Objekttemperaturen, zwei Abstrahlungen und zwei Spektralbereiche dar: SW und LW. Die übrigen Parameter haben die folgenden festen Werte:

- $\tau = 0{,}88$
- $T_{refl} = +20$ °C
- $T_{atm} = +20$ °C

Es ist offensichtlich, dass die Messung niedriger Objekttemperaturen kritischer ist als die Messung hoher Temperaturen, da die Störstrahlungsquellen im ersteren Fall vergleichsweise stärker sind. Falls zusätzlich die Objektabstrahlung schwach ist, wird die Situation noch schwieriger.

Schließlich muss geklärt werden, wie wichtig es ist, die Kalibrierungskurve über dem höchsten Kalibrierungspunkt nutzen zu dürfen (Extrapolation genannt). Angenommen, in einem bestimmten Fall werden $U_{tot} = 4{,}5$ Volt gemessen. Der höchste Kalibrierungspunkt der Kamera liegt im Bereich von 4,1 Volt, einem Wert, der dem Bediener unbekannt ist. Selbst wenn das Objekt ein Schwarzkörper ist, also $U_{obj} = U_{tot}$ ist, wird tatsächlich eine Extrapolation der Kalibrierungskurve durchgeführt, wenn 4,5 Volt in Temperatur umgerechnet werden.

Es wird nun angenommen, dass das Objekt nicht schwarz ist, seine Abstrahlung 0,75 und die Transmission 0,92 betragen. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die beiden zweiten Ausdrücke der Gleichung 4 zusammen 0,5 Volt ergeben. Die Berechnung von U_{obj} mit Hilfe der Gleichung 4 ergibt dann $U_{obj} = 4{,}5 / 0{,}75 / 0{,}92 - 0{,}5 = 6{,}0$. Dies ist eine recht extreme Extrapolation, besonders wenn man bedenkt, dass der Videoverstärker die Ausgabe wahrscheinlich auf 5 Volt beschränkt. Beachten Sie jedoch, dass die Anwendung der Kalibrierungskurve eine theoretische Vorgehensweise ist, bei der weder elektronische noch andere Beschränkungen bestehen. Wir sind davon überzeugt, dass bei einer fehlenden Signalbegrenzung in der Kamera und deren Kalibrierung auf weit mehr als 5 Volt die entstehende Kurve der tatsächlichen Kurve mit einer Extrapolation von mehr als 4,1 Volt sehr ähnlich gewesen wäre, vorausgesetzt, der Kalibrierungsalgorithmus beruht auf Gesetzen der Strahlungsphysik, wie zum Beispiel der Algorithmus von FLIR Systems. Natürlich muss es für solche Extrapolationen eine Grenze geben.

10400603;a2

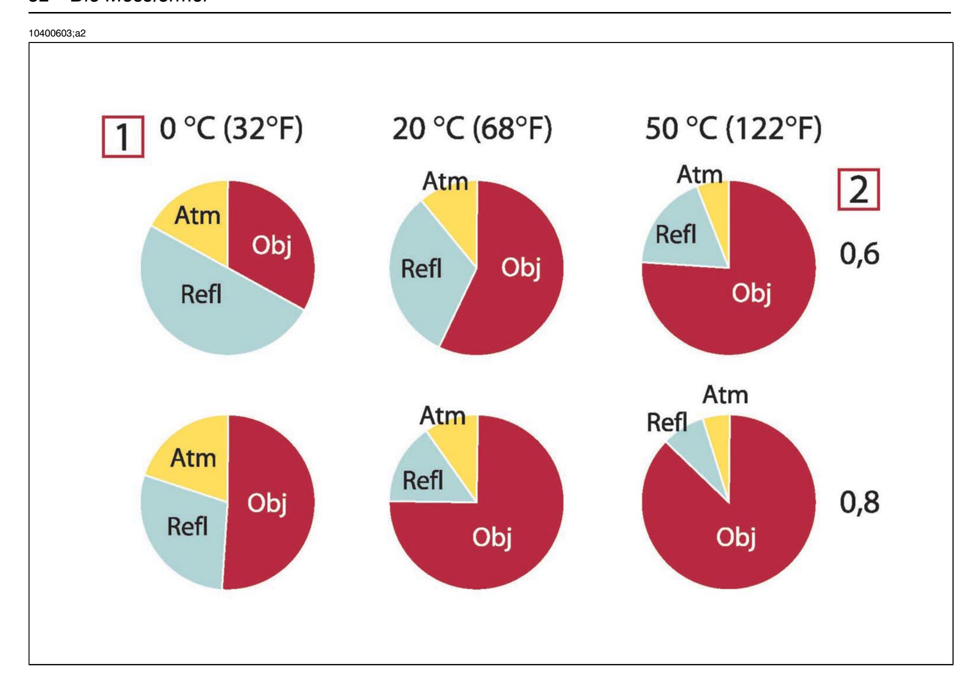


Abbildung 32.3 Relative Größen der Strahlungsquellen unter verschiedenen Messbedingungen (SW-Kamera). **1:** Objekttemperatur; **2:** Abstrahlung; **Obj:** Objektstrahlung; **Refl:** Reflektierte Strahlung; **Atm:** Atmosphärenstrahlung. Feste Parameter: τ = 0,88; T_{refl} = 20 °C; T_{atm} = 20 °C.

10400703;a2

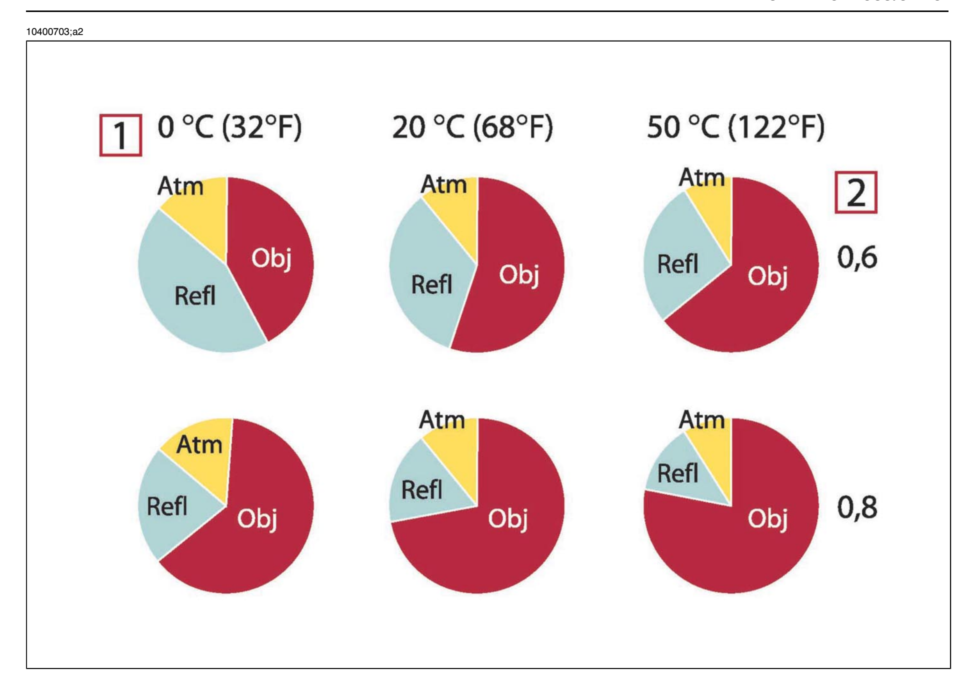


Abbildung 32.4 Relative Größen der Strahlungsquellen unter verschiedenen Messbedingungen (LW-Kamera). **1:** Objekttemperatur; **2:** Abstrahlung; **Obj:** Objektstrahlung; **Refl:** Reflektierte Strahlung; **Atm:** Atmosphärenstrahlung. Feste Parameter: τ = 0,88; T_{refl} = 20 °C; T_{atm} = 20 °C.

33 Emissionstabellen

In diesem Abschnitt finden Sie eine Aufstellung von Emissionsdaten aus der Fachliteratur und eigenen Messungen von FLIR Systems.

33.1 Referenzen

1	Mikaél A. Bramson: *Infrared Radiation, A Handbook for Applications*, Plenum press, N.Y.
2	William L. Wolfe, George J. Zissis: *The Infrared Handbook*, Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
3	Madding, R. P.: *Thermographic Instruments and Systems*. Madison, Wisconsin: University of Wisconsin - Extension, Department of Engineering and Applied Science.
4	William L. Wolfe: *Handbook of Military Infrared Technology*, Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
5	Jones, Smith, Probert: *External thermography of buildings...,* Proc. of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, vol.110, Industrial and Civil Applications of Infrared Technology, Juni 1977 London.
6	Paljak, Pettersson: *Thermography of Buildings*, Swedish Building Research Institute, Stockholm 1972.
7	Vlcek, J: *Determination of emissivity with imaging radiometers and some emissivities at* $\lambda = 5$ *µm.* Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.
8	Kern: *Evaluation of infrared emission of clouds and ground as measured by weather satellites*, Defence Documentation Center, AD 617 417.
9	Öhman, Claes: *Emittansmätningar med AGEMA E-Box*. Teknisk rapport, AGEMA 1999. (Emissionsmessungen mit AGEMA E-Box. Technischer Bericht, AGEMA 1999.)
10	Matteï, S., Tang-Kwor, E: *Emissivity measurements for Nextel Velvet coating 811-21 between –36°C AND 82°C.*
11	Lohrengel & Todtenhaupt (1996)
12	ITC Technical publication 32.
13	ITC Technical publication 29.

33.2 Wichtiger Hinweis zu den Emissionsgradtabellen

Die Emissionswerte in der Tabelle unten wurden mit einer Kurzwellenkamera aufgenommen. Die Werte gelten lediglich als Empfehlung und sind mit Sorgfalt zu verwenden.

33.3 Tabellen

Abbildung 33.1 **T:**Gesamtspektrum; **SW:** 2 – 5 μm; **LW:** 8 – 14 μm, **LLW:** 6,5 – 20 μm; **1:** Werkstoff; **2:** Spezifikation; **3:** Temperatur in °C; **4:** Spektrum; **5:** Emissionsgrad; **6:** Referenz

1	2	3	4	5	6
3M Scotch 35	PVC-Elektroisolierband (verschiedene Farben)	< 80	LW	ungefähr 0,96	13
3M Scotch Super 33+	schwarzes PVC-Elektroisolierband	< 80	LW	ungefähr 0,96	13
3M Scotch Super 88	schwarzes PVC-Elektroisolierband	< 105	LW	ungefähr 0,96	13
3M Scotch Super 88	schwarzes PVC-Elektroisolierband	< 105	MW	< 0.96	13
Aluminium	Blech, 4 Muster unterschiedlich zerkratzt	70	LW	0,03–0,06	9
Aluminium	Blech, 4 Muster unterschiedlich zerkratzt	70	SW	0,05–0,08	9
Aluminium	eloxiert, hellgrau, stumpf	70	LW	0,97	9
Aluminium	eloxiert, hellgrau, stumpf	70	SW	0,61	9
Aluminium	eloxiert, schwarz, stumpf	70	LW	0,95	9
Aluminium	eloxiert, schwarz, stumpf	70	SW	0,67	9
Aluminium	eloxiertes Blech	100	T	0,55	2
Aluminium	Folie	27	3 μm	0,09	3
Aluminium	Folie	27	10 μm	0,04	3
Aluminium	geraut	27	3 μm	0,28	3
Aluminium	geraut	27	10 μm	0,18	3
Aluminium	Guss, sandgestrahlt	70	LW	0,46	9
Aluminium	Guss, sandgestrahlt	70	SW	0,47	9

1	2	3	4	5	6
Aluminium	in HNO_3 getaucht, Platte	100	T	0,05	4
Aluminium	poliert	50–100	T	0,04–0,06	1
Aluminium	poliert, Blech	100	T	0,05	2
Aluminium	polierte Platte	100	T	0,05	4
Aluminium	raue Oberfläche	20–50	T	0,06–0,07	1
Aluminium	stark oxidiert	50–500	T	0,2–0,3	1
Aluminium	stark verwittert	17	SW	0,83–0,94	5
Aluminium	unverändert, Blech	100	T	0,09	2
Aluminium	unverändert, Platte	100	T	0,09	4
Aluminium	vakuumbeschichtet	20	T	0,04	2
Aluminiumbronze		20	T	0,60	1
Aluminiumhydroxid	Pulver		T	0,28	1
Aluminiumoxid	aktiviert, Pulver		T	0,46	1
Aluminiumoxid	rein, Pulver (Aluminiumoxid)		T	0,16	1
Asbest	Bodenfliesen	35	SW	0,94	7
Asbest	Brett	20	T	0,96	1
Asbest	Gewerbe		T	0,78	1
Asbest	Papier	40–400	T	0,93–0,95	1
Asbest	Pulver		T	0,40–0,60	1
Asbest	Ziegel	20	T	0,96	1
Asphaltstraßenbelag		4	LLW	0,967	8
Beton		20	T	0,92	2
Beton	Gehweg	5	LLW	0,974	8
Beton	rau	17	SW	0,97	5

Publ. No. T559651 Rev. a572 – GERMAN (DE) – November 7, 2011

1	2	3	4	5	6
Beton	trocken	36	SW	0,95	7
Blech	glänzend	20–50	T	0,04–0,06	1
Blech	Weißblech	100	T	0,07	2
Blei	glänzend	250	T	0,08	1
Blei	nicht oxidiert, poliert	100	T	0,05	4
Blei	oxidiert, grau	20	T	0,28	1
Blei	oxidiert, grau	22	T	0,28	4
Blei	oxidiert bei 200 °C	200	T	0,63	1
Blei rot		100	T	0,93	4
Blei rot, Pulver		100	T	0,93	1
Bronze	Phosphorbronze	70	LW	0,06	9
Bronze	Phosphorbronze	70	SW	0,08	9
Bronze	poliert	50	T	0,1	1
Bronze	porös, rau	50–150	T	0,55	1
Bronze	Pulver		T	0,76–0,80	1
Chrom	poliert	50	T	0,10	1
Chrom	poliert	500–1000	T	0,28–0,38	1
Ebonit			T	0,89	1
Eis: Siehe Wasser					
Eisen galvanisiert	Blech	92	T	0,07	4
Eisen galvanisiert	Blech, oxidiert	20	T	0,28	1
Eisen galvanisiert	Blech, poliert	30	T	0,23	1
Eisen galvanisiert	stark oxidiert	70	LW	0,85	9
Eisen galvanisiert	stark oxidiert	70	SW	0,64	9
Eisen und Stahl	elektrolytisch	22	T	0,05	4
Eisen und Stahl	elektrolytisch	100	T	0,05	4
Eisen und Stahl	elektrolytisch	260	T	0,07	4

1	2	3	4	5	6
Eisen und Stahl	elektrolytisch, hochglanzpoliert	175–225	T	0,05–0,06	1
Eisen und Stahl	frisch gewalzt	20	T	0,24	1
Eisen und Stahl	frisch mit Schmirgelpapier bearbeitet	20	T	0,24	1
Eisen und Stahl	geschliffenes Blech	950–1100	T	0,55–0,61	1
Eisen und Stahl	geschmiedet, hochglanzpoliert	40–250	T	0,28	1
Eisen und Stahl	gewalztes Blech	50	T	0,56	1
Eisen und Stahl	glänzend, geätzt	150	T	0,16	1
Eisen und Stahl	glänzende Oxidschicht, Blech	20	T	0,82	1
Eisen und Stahl	heißgewalzt	20	T	0,77	1
Eisen und Stahl	heißgewalzt	130	T	0,60	1
Eisen und Stahl	kaltgewalzt	70	LW	0,09	9
Eisen und Stahl	kaltgewalzt	70	SW	0,20	9
Eisen und Stahl	mit rotem Rost bedeckt	20	T	0,61–0,85	1
Eisen und Stahl	oxidiert	100	T	0,74	1
Eisen und Stahl	oxidiert	100	T	0,74	4
Eisen und Stahl	oxidiert	125–525	T	0,78–0,82	1
Eisen und Stahl	oxidiert	200	T	0,79	2
Eisen und Stahl	oxidiert	200–600	T	0,80	1
Eisen und Stahl	oxidiert	1227	T	0,89	4
Eisen und Stahl	poliert	100	T	0,07	2
Eisen und Stahl	poliert	400–1000	T	0,14–0,38	1
Eisen und Stahl	poliertes Blech	750–1050	T	0,52–0,56	1
Eisen und Stahl	rau, ebene Oberfläche	50	T	0,95–0,98	1
Eisen und Stahl	rostig, rot	20	T	0,69	1

1	2	3	4	5	6
Eisen und Stahl	rostrot, Blech	22	T	0,69	4
Eisen und Stahl	stark oxidiert	50	T	0,88	1
Eisen und Stahl	stark oxidiert	500	T	0,98	1
Eisen und Stahl	stark verrostet	17	SW	0,96	5
Eisen und Stahl	stark verrostetes Blech	20	T	0,69	2
Eisen verzinnt	Blech	24	T	0,064	4
Emaille		20	T	0,9	1
Emaille	Lack	20	T	0,85–0,95	1
Erde	mit Wasser gesättigt	20	T	0,95	2
Erde	trocken	20	T	0,92	2
Faserplatte	hart, unbehandelt	20	SW	0,85	6
Faserplatte	Ottrelith	70	LW	0,88	9
Faserplatte	Ottrelith	70	SW	0,75	9
Faserplatte	Partikelplatte	70	LW	0,89	9
Faserplatte	Partikelplatte	70	SW	0,77	9
Faserplatte	porös, unbehandelt	20	SW	0,85	6
Firnis	auf Eichenparkettboden	70	LW	0,90–0,93	9
Firnis	auf Eichenparkettboden	70	SW	0,90	9
Firnis	matt	20	SW	0,93	6
Gips		20	T	0,8–0,9	1
Gipsputz		17	SW	0,86	5
Gipsputz	Gipsplatte, unbehandelt	20	SW	0,90	6
Gipsputz	raue Oberfläche	20	T	0,91	2
Gold	hochglanzpoliert	200–600	T	0,02–0,03	1
Gold	hochpoliert	100	T	0,02	2

1	2	3	4	5	6
Gold	poliert	130	T	0,018	1
Granit	poliert	20	LLW	0,849	8
Granit	rau	21	LLW	0,879	8
Granit	rau, 4 verschiedene Muster	70	LW	0,77–0,87	9
Granit	rau, 4 verschiedene Muster	70	SW	0,95–0,97	9
Gummi	hart	20	T	0,95	1
Gummi	weich, grau, rau	20	T	0,95	1
Gusseisen	bearbeitet	800–1000	T	0,60–0,70	1
Gusseisen	flüssig	1300	T	0,28	1
Gusseisen	Guss	50	T	0,81	1
Gusseisen	Gusseisenblöcke	1000	T	0,95	1
Gusseisen	oxidiert	38	T	0,63	4
Gusseisen	oxidiert	100	T	0,64	2
Gusseisen	oxidiert	260	T	0,66	4
Gusseisen	oxidiert	538	T	0,76	4
Gusseisen	oxidiert bei 600 °C	200–600	T	0,64–0,78	1
Gusseisen	poliert	38	T	0,21	4
Gusseisen	poliert	40	T	0,21	2
Gusseisen	poliert	200	T	0,21	1
Gusseisen	unbearbeitet	900–1100	T	0,87–0,95	1
Haut	Mensch	32	T	0,98	2
Holz		17	SW	0,98	5
Holz		19	LLW	0,962	8
Holz	gehobelt	20	T	0,8–0,9	1
Holz	gehobelte Eiche	20	T	0,90	2
Holz	gehobelte Eiche	70	LW	0,88	9
Holz	gehobelte Eiche	70	SW	0,77	9

1	2	3	4	5	6
Holz	geschmirgelt		T	0,5–0,7	1
Holz	Pinie, 4 verschiedene Muster	70	LW	0,81–0,89	9
Holz	Pinie, 4 verschiedene Muster	70	SW	0,67–0,75	9
Holz	Sperrholz, glatt, trocken	36	SW	0,82	7
Holz	Sperrholz, unbehandelt	20	SW	0,83	6
Holz	weiß, feucht	20	T	0,7–0,8	1
Kalk			T	0,3–0,4	1
Kohlenstoff	Grafit, Oberfläche gefeilt	20	T	0,98	2
Kohlenstoff	Grafitpulver		T	0,97	1
Kohlenstoff	Holzkohlepulver		T	0,96	1
Kohlenstoff	Kerzenruß	20	T	0,95	2
Kohlenstoff	Lampenruß	20–400	T	0,95–0,97	1
Krylon Ultra-flat black 1602	Mattschwarz	Raumtemperatur bis 175	LW	ungefähr 0,96	12
Krylon Ultra-flat black 1602	Mattschwarz	Raumtemperatur bis 175	MW	ungefähr 0,97	12
Kunststoff	Glasfaserlaminat (Leiterplatte)	70	LW	0,91	9
Kunststoff	Glasfaserlaminat (Leiterplatte)	70	SW	0,94	9
Kunststoff	Polyurethan-Isolierplatte	70	LW	0,55	9
Kunststoff	Polyurethan-Isolierplatte	70	SW	0,29	9
Kunststoff	PVC, Kunststoffboden, stumpf, strukturiert	70	LW	0,93	9
Kunststoff	PVC, Kunststoffboden, stumpf, strukturiert	70	SW	0,94	9

1	2	3	4	5	6
Kupfer	elektrolytisch, hochglanzpoliert	80	T	0,018	1
Kupfer	elektrolytisch, poliert	–34	T	0,006	4
Kupfer	geschabt	27	T	0,07	4
Kupfer	geschmolzen	1100–1300	T	0,13–0,15	1
Kupfer	kommerziell, glänzend	20	T	0,07	1
Kupfer	oxidiert	50	T	0,6–0,7	1
Kupfer	oxidiert, dunkel	27	T	0,78	4
Kupfer	oxidiert, stark	20	T	0,78	2
Kupfer	oxidiert schwarz		T	0,88	1
Kupfer	poliert	50–100	T	0,02	1
Kupfer	poliert	100	T	0,03	2
Kupfer	poliert, kommerziell	27	T	0,03	4
Kupfer	poliert, mechanisch	22	T	0,015	4
Kupfer	rein, sorgfältig vorbereitete Oberfläche	22	T	0,008	4
Kupferdioxid	Pulver		T	0,84	1
Kupferoxid	rot, Pulver		T	0,70	1
Lack	3 Farben auf Aluminium gesprüht	70	LW	0,92–0,94	9
Lack	3 Farben auf Aluminium gesprüht	70	SW	0,50–0,53	9
Lack	Aluminium auf rauer Oberfläche	20	T	0,4	1
Lack	Bakelit	80	T	0,83	1
Lack	hitzebeständig	100	T	0,92	1
Lack	schwarz, glänzend, auf Eisen gesprüht	20	T	0,87	1

1	2	3	4	5	6
Lack	schwarz, matt	100	T	0,97	2
Lack	schwarz, stumpf	40–100	T	0,96–0,98	1
Lack	weiß	40–100	T	0,8–0,95	1
Lack	weiß	100	T	0,92	2
Lacke	8 verschiedene Farben und Qualitäten	70	LW	0,92–0,94	9
Lacke	8 verschiedene Farben und Qualitäten	70	SW	0,88–0,96	9
Lacke	Aluminium, unterschiedliches Alter	50–100	T	0,27–0,67	1
Lacke	auf Ölbasis, Mittelwert von 16 Farben	100	T	0,94	2
Lacke	chromgrün		T	0,65–0,70	1
Lacke	kadmiumgelb		T	0,28–0,33	1
Lacke	kobaltblau		T	0,7–0,8	1
Lacke	Kunststoff, schwarz	20	SW	0,95	6
Lacke	Kunststoff, weiß	20	SW	0,84	6
Lacke	Öl	17	SW	0,87	5
Lacke	Öl, diverse Farben	100	T	0,92–0,96	1
Lacke	Öl, glänzend grau	20	SW	0,96	6
Lacke	Öl, grau, matt	20	SW	0,97	6
Lacke	Öl, schwarz, matt	20	SW	0,94	6
Lacke	Öl, schwarz glänzend	20	SW	0,92	6
Leder	gebräunt, gegerbt		T	0,75–0,80	1
Magnesium		22	T	0,07	4
Magnesium		260	T	0,13	4
Magnesium		538	T	0,18	4

1	2	3	4	5	6
Magnesium	poliert	20	T	0,07	2
Magnesiumpulver			T	0,86	1
Messing	abgerieben mit 80er-Schmirgelpapier	20	T	0,20	2
Messing	Blech, gewalzt	20	T	0,06	1
Messing	Blech, mit Schmirgelpapier bearbeitet	20	T	0,2	1
Messing	hochpoliert	100	T	0,03	2
Messing	oxidiert	70	SW	0,04–0,09	9
Messing	oxidiert	70	LW	0,03–0,07	9
Messing	oxidiert	100	T	0,61	2
Messing	oxidiert bei 600 °C	200–600	T	0,59–0,61	1
Messing	poliert	200	T	0,03	1
Messing	stumpf, fleckig	20–350	T	0,22	1
Molybdän		600–1000	T	0,08–0,13	1
Molybdän		1500–2200	T	0,19–0,26	1
Molybdän	Faden	700–2500	T	0,1–0,3	1
Mörtel		17	SW	0,87	5
Mörtel	trocken	36	SW	0,94	7
Nextel Velvet 811-21 Black	Mattschwarz	–60–150	LW	> 0.97	10 und 11
Nickel	Draht	200–1000	T	0,1–0,2	1
Nickel	elektrolytisch	22	T	0,04	4
Nickel	elektrolytisch	38	T	0,06	4
Nickel	elektrolytisch	260	T	0,07	4
Nickel	elektrolytisch	538	T	0,10	4
Nickel	galvanisiert, poliert	20	T	0,05	2
Nickel	galvanisiert auf Eisen, nicht poliert	20	T	0,11–0,40	1

1	2	3	4	5	6
Nickel	galvanisiert auf Eisen, nicht poliert	22	T	0,11	4
Nickel	galvanisiert auf Eisen, poliert	22	T	0,045	4
Nickel	hell matt	122	T	0,041	4
Nickel	oxidiert	200	T	0,37	2
Nickel	oxidiert	227	T	0,37	4
Nickel	oxidiert	1227	T	0,85	4
Nickel	oxidiert bei 600 °C	200–600	T	0,37–0,48	1
Nickel	poliert	122	T	0,045	4
Nickel	rein, poliert	100	T	0,045	1
Nickel	rein, poliert	200–400	T	0,07–0,09	1
Nickelchrom	Draht, blank	50	T	0,65	1
Nickelchrom	Draht, blank	500–1000	T	0,71–0,79	1
Nickelchrom	Draht, oxidiert	50–500	T	0,95–0,98	1
Nickelchrom	gewalzt	700	T	0,25	1
Nickelchrom	sandgestrahlt	700	T	0,70	1
Nickeloxid		500–650	T	0,52–0,59	1
Nickeloxid		1000–1250	T	0,75–0,86	1
Öl, Schmieröl	0,025-mm-Film	20	T	0,27	2
Öl, Schmieröl	0,050-mm-Film	20	T	0,46	2
Öl, Schmieröl	0,125-mm-Film	20	T	0,72	2
Öl, Schmieröl	dicke Schicht	20	T	0,82	2
Öl, Schmieröl	Film auf Ni-Basis: nur Ni-Basis	20	T	0,05	2
Papier	4 verschiedene Farben	70	LW	0,92–0,94	9
Papier	4 verschiedene Farben	70	SW	0,68–0,74	9
Papier	beschichtet mit schwarzem Lack		T	0,93	1

1	2	3	4	5	6
Papier	dunkelblau		T	0,84	1
Papier	gelb		T	0,72	1
Papier	grün		T	0,85	1
Papier	rot		T	0,76	1
Papier	schwarz		T	0,90	1
Papier	schwarz, stumpf		T	0,94	1
Papier	schwarz, stumpf	70	LW	0,89	9
Papier	schwarz, stumpf	70	SW	0,86	9
Papier	weiß	20	T	0,7–0,9	1
Papier	weiß, 3 verschiedene Glanzarten	70	LW	0,88–0,90	9
Papier	weiß, 3 verschiedene Glanzarten	70	SW	0,76–0,78	9
Papier	weiß, gebunden	20	T	0,93	2
Platin		17	T	0,016	4
Platin		22	T	0,03	4
Platin		100	T	0,05	4
Platin		260	T	0,06	4
Platin		538	T	0,10	4
Platin		1000–1500	T	0,14–0,18	1
Platin		1094	T	0,18	4
Platin	Band	900–1100	T	0,12–0,17	1
Platin	Draht	50–200	T	0,06–0,07	1
Platin	Draht	500–1000	T	0,10–0,16	1
Platin	Draht	1400	T	0,18	1
Platin	rein, poliert	200–600	T	0,05–0,10	1
Porzellan	glasiert	20	T	0,92	1
Porzellan	weiß, leuchtend		T	0,70–0,75	1
rostfreier Stahl	Blech, poliert	70	LW	0,14	9

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
rostfreier Stahl	Blech, poliert	70	SW	0,18	9
rostfreier Stahl	Blech, unbehandelt, etwas zerkratzt	70	LW	0,28	9
rostfreier Stahl	Blech, unbehandelt, etwas zerkratzt	70	SW	0,30	9
rostfreier Stahl	gewalzt	700	T	0,45	1
rostfreier Stahl	Legierung, 8 % Ni, 18 % Cr	500	T	0,35	1
rostfreier Stahl	sandgestrahlt	700	T	0,70	1
rostfreier Stahl	Typ 18 – 8, glänzend	20	T	0,16	2
rostfreier Stahl	Typ 18-8, oxidiert bei 800 °C	60	T	0,85	2
Sand			T	0,60	1
Sand		20	T	0,90	2
Sandstein	poliert	19	LLW	0,909	8
Sandstein	rau	19	LLW	0,935	8
Schlacke	Kessel	0–100	T	0,97–0,93	1
Schlacke	Kessel	200–500	T	0,89–0,78	1
Schlacke	Kessel	600–1200	T	0,76–0,70	1
Schlacke	Kessel	1400–1800	T	0,69–0,67	1
Schmirgelpapier	grob	80	T	0,85	1
Schnee: Siehe Wasser					
Silber	poliert	100	T	0,03	2
Silber	rein, poliert	200–600	T	0,02–0,03	1
Spanplatte	unbehandelt	20	SW	0,90	6
Stukkatur	rau, gelbgrün	10–90	T	0,91	1
Styropor	Wärmedämmung	37	SW	0,60	7

1	2	3	4	5	6
Tapete	leicht gemustert, hellgrau	20	SW	0,85	6
Tapete	leicht gemustert, rot	20	SW	0,90	6
Teer			T	0,79–0,84	1
Teer	Papier	20	T	0,91–0,93	1
Titan	oxidiert bei 540 °C	200	T	0,40	1
Titan	oxidiert bei 540 °C	500	T	0,50	1
Titan	oxidiert bei 540 °C	1000	T	0,60	1
Titan	poliert	200	T	0,15	1
Titan	poliert	500	T	0,20	1
Titan	poliert	1000	T	0,36	1
Ton	gebrannt	70	T	0,91	1
Tuch	schwarz	20	T	0,98	1
Wasser	destilliert	20	T	0,96	2
Wasser	Eis, bedeckt mit starkem Frost	0	T	0,98	1
Wasser	Eis, glatt	–10	T	0,96	2
Wasser	Eis, glatt	0	T	0,97	1
Wasser	Frostkristalle	–10	T	0,98	2
Wasser	Schicht >0,1 mm dick	0–100	T	0,95–0,98	1
Wasser	Schnee		T	0,8	1
Wasser	Schnee	–10	T	0,85	2
Wolfram		200	T	0,05	1
Wolfram		600–1000	T	0,1–0,16	1
Wolfram		1500–2200	T	0,24–0,31	1
Wolfram	Faden	3300	T	0,39	1
Ziegel	Aluminiumoxid	17	SW	0,68	5

1	2	3	4	5	6
Ziegel	Dinas-Siliziumoxid, Feuerfestprodukt	1000	T	0,66	1
Ziegel	Dinas-Siliziumoxid, glasiert, rau	1100	T	0,85	1
Ziegel	Dinas-Siliziumoxid, unglasiert, rau	1000	T	0,80	1
Ziegel	Feuerfestprodukt, Korund	1000	T	0,46	1
Ziegel	Feuerfestprodukt, Magnesit	1000–1300	T	0,38	1
Ziegel	Feuerfestprodukt, schwach strahlend	500–1000	T	0,65–0,75	1
Ziegel	Feuerfestprodukt, stark strahlend	500–1000	T	0,8–0,9	1
Ziegel	Feuerziegel	17	SW	0,68	5
Ziegel	glasiert	17	SW	0,94	5
Ziegel	Mauerwerk	35	SW	0,94	7
Ziegel	Mauerwerk, verputzt	20	T	0,94	1
Ziegel	normal	17	SW	0,86–0,81	5
Ziegel	rot, normal	20	T	0,93	2
Ziegel	rot, rau	20	T	0,88–0,93	1
Ziegel	Schamotte	20	T	0,85	1
Ziegel	Schamotte	1000	T	0,75	1
Ziegel	Schamotte	1200	T	0,59	1
Ziegel	Silizium, 95 % SiO_2	1230	T	0,66	1
Ziegel	Sillimanit, 33 % SiO_2, 64 % Al_2O_3	1500	T	0,29	1
Ziegel	wasserfest	17	SW	0,87	5

1	2	3	4	5	6
Zink	Blech	50	T	0,20	1
Zink	oxidiert bei 400 °C	400	T	0,11	1
Zink	oxidierte Oberflä-che	1000–1200	T	0,50–0,60	1
Zink	poliert	200–300	T	0,04–0,05	1

A note on the technical production of this publication

This publication was produced using XML—the *eXtensible Markup Language*. For more information about XML, please visit http://www.w3.org/XML/

A note on the typeface used in this publication

This publication was typeset using Swiss 721, which is Bitstream's pan-European version of the Helvetica™ typeface. Helvetica™ was designed by Max Miedinger (1910–1980).

List of effective files

20235102.xml b18
20235202.xml b14
20235302.xml b12
20236702.xml b27
20237102.xml b12
20238502.xml a10
20238702.xml a7
20250402.xml a17
20254903.xml a75
20257002.xml a22
20257102.xml a7
20257302.xml a15
20279802.xml a7
20281002.xml a3
20287302.xml a5
20292402.xml a2
20295002.xml a5
20295702.xml a2
20295802.xml a2
20295902.xml a2
20296102.xml a2
20296202.xml a2
20296302.xml a2
20296402.xml a2
20296502.xml a2
20296602.xml a2
20296702.xml a2
20296802.xml a2
20296902.xml a2
20297002.xml a2
20297202.xml a2
20297302.xml a2
20297402.xml a4
20297502.xml a2
20297602.xml a1
20299602.xml a2
R133.rcp a4
config.xml a5



Corporate Headquarters
FLIR Systems, Inc.
27700 SW Parkway Avenue
Wilsonville, OR 97070
USA
Telephone: +1-800-727-3547
Website: http://www.flir.com